

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный технический университет»

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

*Учебное текстовое электронное издание  
локального распространения*

Омск  
Издательство ОмГТУ  
2016

УДК 331.45(075)  
ББК 65.246я73  
О-62

Авторы:

*В. С. Сердюк, А. М. Добренко, О. А. Цорина,  
Е. В. Бакико, В. В. Утюганова*

Рецензенты:

*С. А. Ковалев, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и гражданская оборона» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского»;*

*Д. С. Алецков, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»*

О-62 **Определение индивидуального профессионального риска** : учеб. пособие / [В. С. Сердюк и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2016.

ISBN 978-5-8149-2349-3

Рассмотрены вопросы методологии оценки профессиональных рисков. Приведен анализ основных нормативно-правовых и научно-методических работ в данной области. Предложена авторская методика оценки производственных рисков. Представлены практические работы по теме учебного пособия.

Предназначено студентам очной и заочной форм обучения по направлению бакалавриата 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профиль «Безопасность труда»), по направлению магистратуры 20.04.01 «Техносферная безопасность» для изучения дисциплин «Управление техносферной безопасностью», «Оценка условий труда», «Экономика безопасности труда».

УДК 331.45(075)  
ББК 65.246я73

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-2349-3

© ОмГТУ, 2016

1 электронный оптический диск

Оригинал-макет издания выполнен в Microsoft Office Word 2007  
с использованием возможностей Adobe Acrobat X.

**Минимальные системные требования:**

- процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше;
- оперативная память 256 Мб;
- свободное место на жестком диске 260 Мб;
- операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7;
- разрешение экрана 1024×576 и выше;
- акустическая система не требуется;
- дополнительные программные средства Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Редактор *М. А. Болдырева*  
Компьютерная верстка *О. Г. Белименко*

Сводный темплан 2016 г.  
Подписано к использованию 30.11.16.  
Объем 2,06 Мб.

---

Издательство ОмГТУ.  
644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12  
Эл. почта: [info@omgtu.ru](mailto:info@omgtu.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным законом от 24 июля 1998 г. «Об обязательном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» профессиональный риск – это вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях.

Среди источников профессиональных рисков можно выделить следующие:

- непосредственно сама рабочая среда;
- факторы рабочей среды и трудового процесса;
- травмоопасность оборудования и технологических процессов, которая впоследствии может привести к несчастным случаям;
- аварийные и чрезвычайные ситуации на производстве.

В России ежедневно на рабочих местах травмируются около 150 человек, из них 23 становятся инвалидами, а 9 погибают. При этом ежегодные общие финансовые потери из-за неудовлетворительного состояния условий и охраны труда работников в нашей стране за год составляют около

2 трлн рублей. Эти потери огромны. Их можно сократить, внедряя эффективную систему управления охраной труда на основе оценки профессиональных рисков и управления ими.

По оценке профессиональных рисков написано большое количество научно-методических работ. В нормативно-правовых документах содержатся указания на использование как прямых, так и косвенных методов оценки рисков, посредством которых анализируются в основном показатели состояния условий труда и персонифицированные данные работников.

Для ряда методов оценки профессиональных рисков характерна субъективность, отсутствие четких критериев присвоения параметрам тех или иных значений, безосновательное разбиение шкал вероятности реализации неблагоприятных событий и отсутствие связи оценки рисков с кон-

крайними технико-технологическими параметрами производственных процессов.

Результаты оценки профессиональных рисков лежат в основе рекомендаций по их снижению. При необходимости обоснования и оценки эффективности предлагаемых мер по уменьшению риска необходимо решать оптимизационные задачи. А именно:

- при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска;
- при минимальных затратах обеспечить снижение риска до приемлемого уровня.

Однако ни в одном из российских нормативных и методических документов не указаны способы оптимизации управления профессиональными рисками.

Разработанные в большом количестве стандарты ISO по риск-менеджменту, в том числе по охране труда и здоровья (OHSAS 18001), представляют собой простейшие инструменты экспертных оценок положения дел с охраной труда или со здоровьем работников [10].

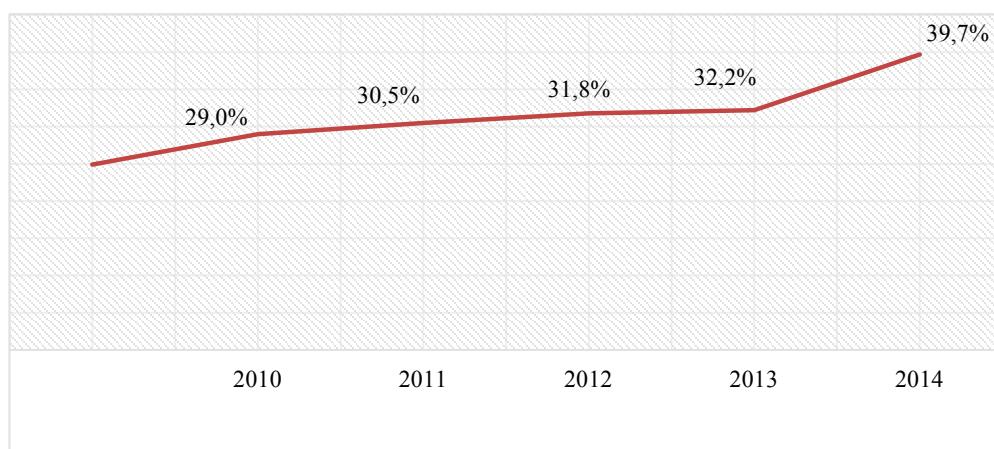
Менеджеры при выборе наиболее эффективных мероприятий, снижающих профессиональные риски, действуют интуитивно, опираясь на опыт и здравый смысл без подкрепления математическими расчетами.

В настоящем учебном пособии представлена методика, разработанная А. В. Горягой, В. С. Сердюком, А. М. Добренко и О. А. Цориной на основе математического моделирования, предполагающая при решении оптимизационных задач определять количественный критерий оптимизации, т. е. показатель, который позволит оценить эффективность разных решений.

# 1. ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

## 1.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Как известно, охрана труда в организациях направлена на сохранение жизни и здоровья работников, а также на профилактику профессиональных заболеваний и предотвращение несчастных случаев, которые могут привести к производственному травматизму. Согласно ТК РФ работодатель обязан обеспечить работникам безопасные условия труда. Однако состояние условий и охраны труда в вопросах обеспечения безопасности трудовой деятельности зачастую остается неудовлетворительным и число работников, работающих во вредных условиях труда, продолжает расти (рис. 1.1).



*Рис. 1.1. Удельный вес работников, занятых во вредных и опасных условиях труда*

Неблагоприятные условия труда порождают высокий уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний. По данным Роструда, в результате несчастных случаев на производстве в 2014 году в РФ в организациях всех видов экономической деятельности погибло 2344 работника, что значительно превышает аналогичный показатель в развитых странах. Так, уровень производственного травматизма со смертельным исходом в России больше, чем в Германии, в 4 раза, во Франции – в 5,5 раза, в Японии – в 2,5 раза [6, 9]. Поэтому совершенствование системы управления охраной труда (СУОТ) продолжает быть актуальным.

Осознание обществом факта наличия опасностей, связанных с профессиональной деятельностью в повседневной жизни, которые могут при-

вести к травмам, заболеваниям и гибели людей или существенным материальным потерям, послужило основанием для разработки и применения на практике системного подхода для оценки риска как предпосылки возможных путей реализации опасности.

Роль и значение управления рисками на производстве как инструмента снижения потерь и повышения эффективности экономики предприятия продолжает расти. Значение этого инструмента возрастает из-за роста самих рисков, что является общемировой тенденцией, обусловленной усложнением функционирования современного общества [11].

В соответствии с Концепцией демографической политики РФ [4] одной из долгосрочных стратегических целей государства является сокращение уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний за счет перехода в сфере охраны труда к системе управления профессиональными рисками (СУПР).

В настоящее время понятие профессионального риска в зависимости от области исследований имеет различное толкование и смысл [2, 12, 14]. Исходя из этого, в нормативно-правовых актах (далее – НПА) содержатся различные методологические подходы к оценке профессиональных рисков. Перечень этих подходов ежегодно пополняется благодаря новым научным публикациям, однако подходы и способы управления профессиональными рисками на практике меняются медленно (прил. А).

Что же такое профессиональные риски? Рассмотрим несколько определений этого понятия (табл. 1.1).

**Таблица 1.1**  
**Определения профессионального риска**

Определение	Источник
Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами	Трудовой кодекс РФ № 197 ФЗ [1]
Профессиональный риск – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанная с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту)	Фонд социального страхования РФ [2]

Определение	Источник
Профессиональный риск – это вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти работника в зависимости от состояния условий труда, опасных производственных факторов и данных о случаях производственного травматизма и профессиональных заболеваний на рабочем месте	Международная организация по стандартизации ИСО [9]
Профессиональный риск – вероятность причинения ущерба репродуктивной функции работника, мужчины или женщины (а также развитию внутриутробного плода и здоровью новорожденного в период кормления грудью), в связи с исполнением трудовых обязанностей	Российская энциклопедия по медицине труда [14]

Во всех определениях данного понятия указывается на то, что профессиональный риск – это вероятность причинения вреда здоровью работника. Данное обстоятельство говорит о том, что риск – это в первую очередь количественная оценка. Различаются же определения информацией об области применения оцениваемого профессионального риска. Это показывает, что единого подхода к данному определению пока нет. И это одна из первых проблем, возникающих на пути оценки индивидуального профессионального риска.

Привычная нам СУОТ в организации постепенно может быть заменена на СУПР, которая предполагает проведение целого комплекса организационно-правовых, финансово-экономических, производственно-технологических, социальных, медицинских и санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на минимизацию воздействия неблагоприятных производственных факторов на здоровье, в том числе приоритетное создание инновационной системы выявления, оценки и контроля профессиональных рисков повреждений (утраты) здоровья работников для обеспечения превентивных мер профилактики [6].

Сравнивая СУОТ и СУПР, можно сделать вывод, что СУПР является частью СУОТ и включает в себя основные элементы, представленные на рис. 1.2 [8].



Рис. 1.2. Элементы СУОТ (а) и СУПР (б)

Правительство РФ рассматривает создание национальной системы управления профессиональными рисками в качестве нового инструмента для предотвращения травматизма и сохранения здоровья работников на российских предприятиях [6], что не противоречит целям СУОТ в организации.

Основой всех организационно-технических мероприятий по обеспечению безопасности труда в рамках реализации этих систем должны стать всесторонний, комплексный анализ и оценка потенциального риска

и опасности несчастных случаев. Таким образом, управление профессиональными рисками становится главным элементом повышения безопасности труда.

Однако при анализе профессиональных рисков в настоящее время невозможно дать их объективную количественную оценку. Это связано с целым комплексом проблем. Если говорить о методике оценки, можно выделить две основные проблемы: отсутствие единого концептуального подхода и отсутствие единой утвержденной унифицированной методики интегральной оценки профессионального риска.

### I. Отсутствие единого концептуального подхода.

СУПР и СУОТ имеют общие основные элементы, однако концептуально они различны. Оценка профессиональных рисков имеет три концептуальных подхода, наиболее широко распространенных в РФ [8, 9]:

– в *контексте медицины труда* (Министерство здравоохранения) – индекс профессиональных заболеваний

$$I_{ПЗ} = (K_P \cdot K_T)^{-1}, \quad (1.1)$$

где  $K_P$  – категория риска;  $K_T$  – коэффициент тяжести профзаболеваний;

– в *контексте безопасности и охраны труда* (Министерство труда и социальной защиты) –

уровень профессионального риска

$$R = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3, \quad (1.2)$$

где  $r_1$  – показатель характера и тяжести повреждений;  $r_2$  – частота возникновения травм и аварий;  $r_3$  – материальные последствия происшествий;

– в *контексте социального страхования* (Фонд социального страхования) –

интегральный показатель профессионального риска

$$I_n = 100 \cdot (\Sigma_{BB} / \Sigma_{ФОТ}), \quad (1.3)$$

где  $\Sigma_{BB}$  – суммарные затраты на возмещение вреда;  $\Sigma_{ФОТ}$  – размер оплаты труда в отрасли.

Оценку профессионального риска в ходе нашего исследования мы рассматриваем в концепции безопасности и охраны труда. Нам представляется необходимым до момента урегулирования всех концептуальных разногласий создание временного (условно несовершенного) подхода к количественной оценке профессиональных рисков на основе имеющихся в организации показателей.

II. Отсутствие единой утвержденной унифицированной методики интегральной оценки профессионального риска.

Разработка подходов, связанных с управлением профессиональными рисками, требует новых, более полных представлений о производственном травматизме, переоценки старых и выработка новых критериев и факторов оценки риска (индикаторов).

В настоящее время подходы к оценке профессионального риска рассматриваются в различных нормативно-правовых актах (НПА). Большое количество научных публикаций содержат анализ различных аспектов по этой теме (прил. А). Формирование политики в области охраны труда базируется на оценке и прогнозировании профессиональных рисков.

НПА содержат различные аспекты оценки профессиональных рисков. Среди них можно выделить следующие:

- термины и определения;
- управление профессиональными рисками;
- менеджмент риска;
- менеджмент безопасности и охраны здоровья;
- методы оценки риска;
- критерии оценки.

На рис. 1.3 представлены основные НПА, содержащие аспекты менеджмента и управления профессиональными рисками. Наличие в НПА терминов и определений в анализируемой области представлено на рис. 1.4. Классификация методов оценки профессиональных рисков, которые представлены в НПА, показана на рис. 1.5.

В целом для наглядности основные НПА, содержащие методические подходы и результаты анализа областей применения этих НПА, представлены схемой (рис. 1.6) [7].

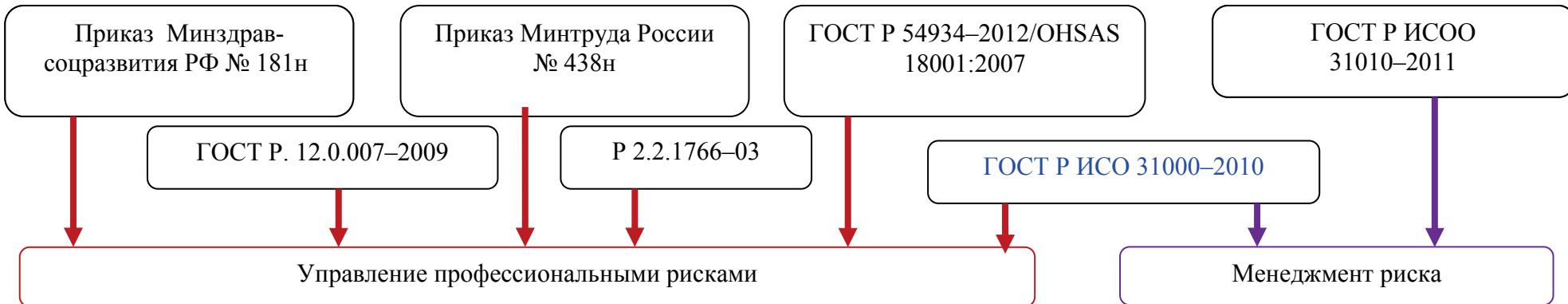


Рис. 1.3. НПА, рассматривающие аспекты управления профессиональными рисками

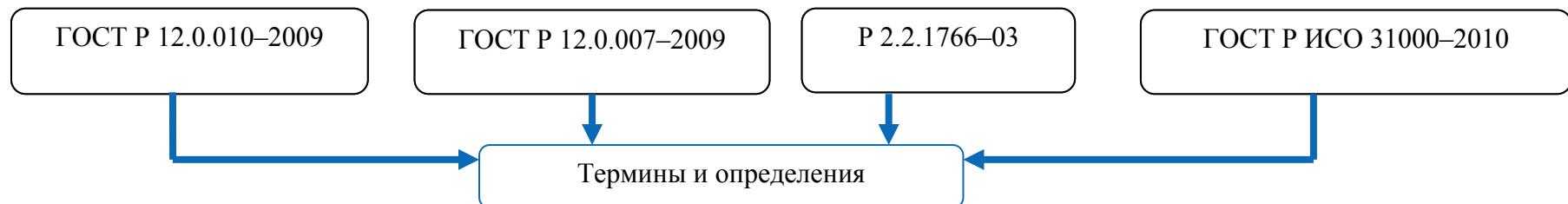


Рис. 1.4. НПА, рассматривающие термины и определения в области профессиональных рисков

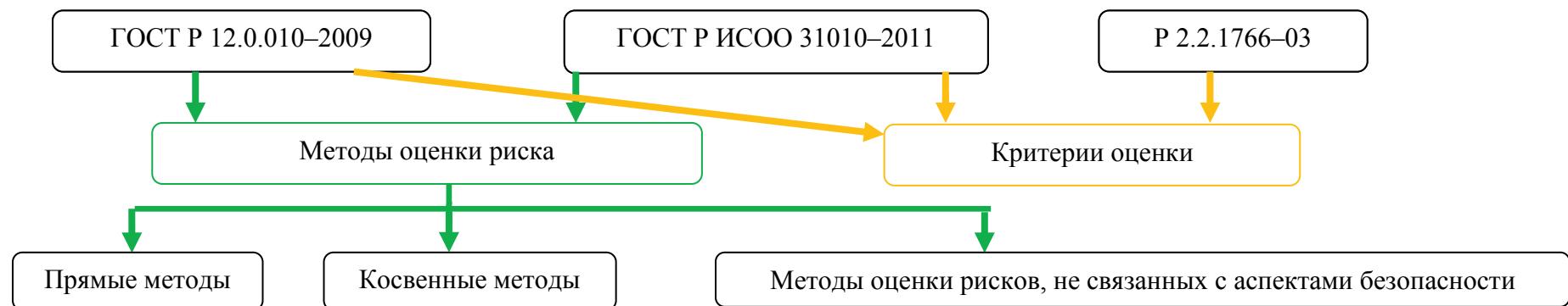


Рис. 1.5. НПА, рассматривающие методы оценки профессиональных рисков

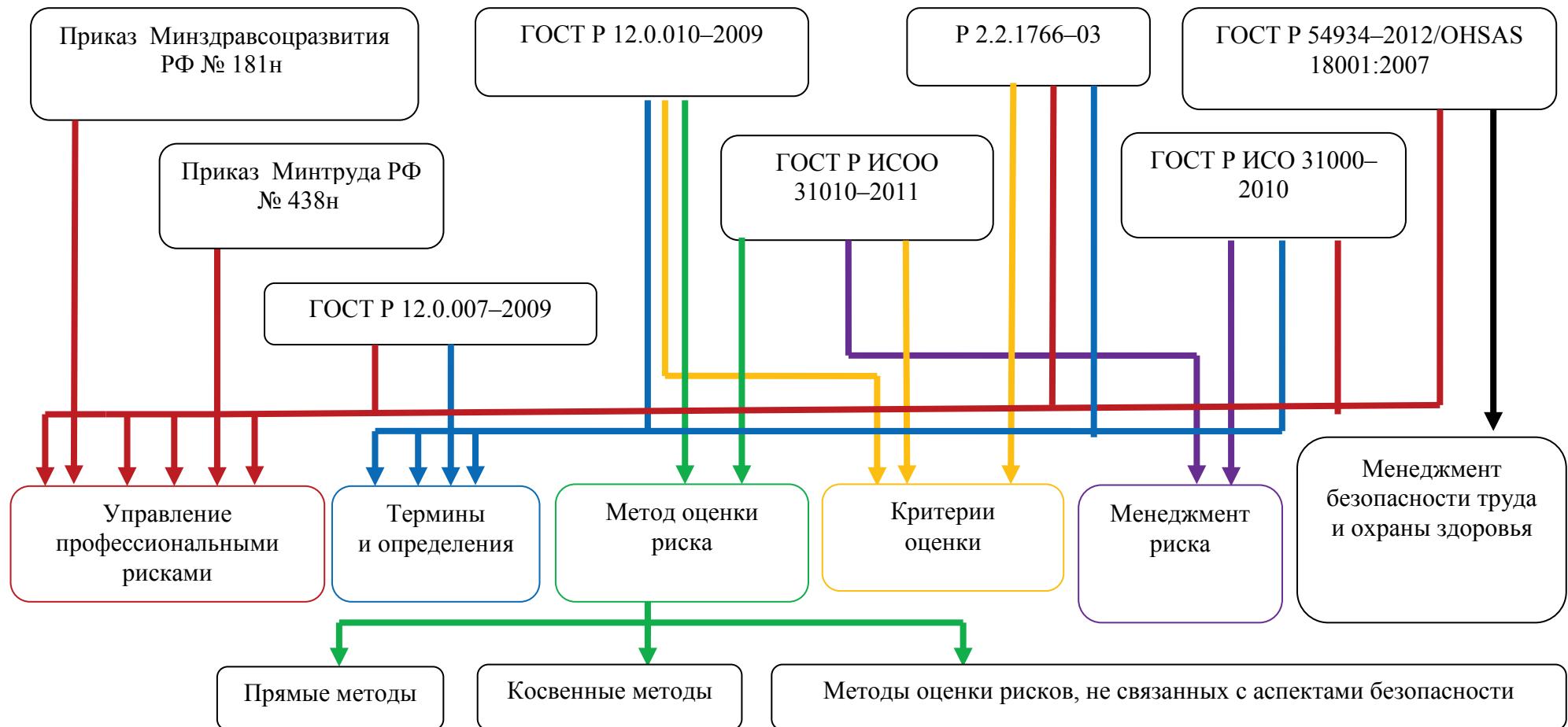


Рис. 1.6. НПА, рассматривающие аспекты оценки профессиональных рисков

Данная схема (рис. 1.6) позволяет сделать вывод, что непосредственно методы оценки профессиональных рисков указаны в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011 и ГОСТ Р 12.0.010–2009, в остальных документах представлены лишь различные аспекты, напрямую не связанные с методологией. Однако в ГОСТ Р 12.0.010–2009 содержатся формулы. Риск  $R$  в общем случае предлагается оценивать суммированием произведений возможных дискретных значений ущерба здоровью и жизни работника  $U_i$  на вероятности их наступления  $P_i$  [3]:

$$R = \sum_{i=1}^N P_i \cdot U_i, \quad (1.4)$$

где  $N$  – количество дискретных значений возможных ущербов (одного типа, одной размерности) или объединяющих их групп.

Вычисляемое по формуле (1.4) значение является математическим ожиданием дискретной случайной величины – ущерба здоровью и жизни работника.

Если ущерб  $U$  является непрерывной случайной величиной, имеющей плотность распределения вероятностей  $f(U)$ , то риск рассчитывают по формуле

$$R = U \cdot f(U) dU. \quad (1.5)$$

Нормативные документы по оценке профессиональных рисков на производстве в настоящий момент содержат ряд не ориентированных на практику данных, которые носят балльный характер, оставляя в стороне возможное возникновение хронических заболеваний, обусловленных спецификой профессии и производства [3]. Однако в ГОСТ Р 12.0.010–2009 содержатся формулы, которые можно использовать при оценке профессионального риска, но оценивать его по ним на практике в большинстве организаций не представляется возможным.

Мы считаем целесообразным оценивать профессиональный риск интегральным показателем уровня профессионального риска в организации (одночисловой характеристикой), который должен определяться путем вычисления средневзвешенной величины на основе результатов расчета индивидуального профессионального риска работников организации. Кроме того, необходимо отметить, что данная оценка должна базироваться на практических показателях, доступных для любой организации. Ин-

формация об уровне профессионального риска в организациях может быть использована:

- при прогнозировании уровня травматизма и профессиональных заболеваний в организации;
- прогнозировании потерь в организации в связи с состоянием безопасности;
- выполнении расчетов страховых тарифов в системе обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- оценке качества трудовой жизни и других показателей, прямо или косвенно учитывающих уровни производственных рисков.

Оптимальным решением управления профессиональными рисками, на наш взгляд, является прогнозирование профессиональных рисков, основанное на практических данных, доступных для работодателя и специалистов служб по охране труда.

С появлением практико-ориентированной методики в организациях появится возможность не только констатировать факт травматизма и профессиональной заболеваемости через показатели  $K_T$ ,  $K_Ч$  и  $I_{ПЗ}$ , но и прогнозировать соответствующие уровни рисков.

Таким образом, для повышения мотивации работодателя в улучшении условий труда, а также снижении профессиональных рисков на рабочем месте в организации необходима, на наш взгляд, разработка единого практико-ориентированного подхода к оценке профессионального риска, который можно применять, используя данные организаций.

Кроме того, нам представляется чрезвычайно важным и прогнозирование экономических потерь от состояния условий труда и уровня безопасности с использованием количественной оценки профессиональных рисков, что позволяет организациям внедрять соответствующие превентивные меры.

Один из таких подходов показан в работе [10], где прогнозируемые экономические потери от производственных факторов на рабочем месте можно определить по формуле

$$\bar{Y} = \sum_{\omega \in \Omega^{(m)}} (\bar{c}_j, \omega) \bar{p}_{w_j}(\omega), j = 1, \dots, n, \quad (1.6)$$

где  $\bar{c}_j$  – экспертная оценка экономических потерь от воздействия группы рассматриваемых факторов риска;  $\omega$  – исход наступления потерь;  $\bar{p}_{w_j}$  – вероятность исхода.

В настоящем учебном пособии данной методике посвящена глава 3.

Итак, в процессе совершенствования методологических подходов к оценке профессиональных рисков возникает ряд проблем [8]:

1. Сложность создания единой формулы интегральной оценки профессионального риска.

Наиболее объективная оценка возможна при реализации следующей последовательности процедур, каждая из которых вызывает ряд сложностей [9]:

1. Идентификация опасностей на рабочих местах.

На практике идентификация вредных или опасных производственных факторов возможна по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ).

2. Оценка рисков травмирования на рабочих местах.

Для оценки риска используются показатели:  $K_T$  – коэффициент тяжести травмы и  $K_\chi$  – коэффициент частоты травматизма, которые недостаточны для расчета индивидуального риска. Однако на практике они доступны для всех организаций.

3. Гигиеническая оценка условий труда.

Может осуществляться посредством специальной оценки условий труда (ранее – аттестация рабочих мест).

4. Оценка защищенности работников СИЗ.

Процедуры и критерии оценки эффективности использования СИЗ в зависимости от условий труда на рабочих местах только начинают появляться. Сегодня такая оценка возможна в рамках проведения СОУТ.

5. Определение интегральной оценки условий труда.

Практико-ориентированная интегральная оценка возможна с использованием тех индикаторов, которые доступны для любых организаций.

6. Сбор персонализированных данных работников.

В отличие от предыдущих проблем, решение которых мало зависит от работодателей, определение индивидуального профессионального риска работника с учетом персональных данных работников в целом ложится серьезным бременем на организацию.

7. И, наконец, сама оценка индивидуальных профессиональных рисков работников на основе интегральной оценки условий труда, показателей состояния здоровья работников, возраста и трудового стажа работника во вредных и (или) опасных условиях труда, а также учета сведений

о производственном травматизме и случаях профессионального заболевания на данном рабочем месте и других показателей (индикаторов), полученных в ходе мониторинга условий труда.

## II. Проблема организации сбора и учета статистических данных.

Единицами статистического наблюдения Росстата являются организации и индивидуальные предприниматели, включенные в статистический регистр. Безопасность и условия труда оцениваются не для работников различных профессий или профессиональных групп, а для вида экономической деятельности организаций (производство, добыча, переработка и т. д.).

Исследования многих авторов направлены на разработку (совершенствование) подхода (метода) интегральной оценки профессионального риска, которая бы отвечала следующим требованиям:

- доступность и возможность для практического ее применения. Её результаты должны способствовать совершенствованию трудового, санитарно-гигиенического законодательства, государственной системы охраны труда, решению проблем обоснования доплат, гарантий и компенсаций за работу во вредных и опасных условиях труда, экономическому планированию, планированию деятельности в службах охраны труда, Роспотребнадзора, организации профессиональных медицинских осмотров, расследованию случаев профессиональных заболеваний и др.;

- получаемые результаты оценки риска должны быть однозначными, надёжными и достоверными, вычислительные процедуры – достаточно простыми, а их алгоритмы должны служить основой для разработки компьютерных программ по оценке и прогнозу рисков здоровью работающих (например, в бухгалтерских системах типа «1–С. Предприятие»);

- методика должна определять частные (по отдельным факторам) и общие, суммарные однозначные показатели оценки риска, позволяющие разрабатывать прогнозы потенциального вреда здоровью работников, обеспечивать разработку управленческих решений по борьбе с профессиональными рисками, по гигиенической и иной оптимизации условий труда и оценивать эффективность проводимых оздоровительных мероприятий;

- методика должна развивать научные основы международной концепции профессиональных рисков.

## **1.2. КОМПЕТЕНТНОСТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**

Кроме проблем методического характера, существуют и проблемы компетентности специалистов организаций, которым предстоит оценивать профессиональные риски. Для эффективного управления рисками необходимы не только высококвалифицированные менеджеры, но и высококвалифицированные специалисты по охране труда.

В целях реализации Приказа Минтруда России от 04.08.2014 г. № 524н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области охраны труда» специалист по охране труда должен:

- проводить оценку;
- управлять;
- анализировать профессиональные риски в организации.

Решение этих задач возлагается как на руководителя организации, так и на специалиста по охране труда непосредственно.

Поэтому возникает потребность:

- 1) в высококвалифицированных специалистах в области охраны труда;
- 2) количественной оценке уровня профессионального риска в организации на основе одночисловой характеристики;
- 3) возможности ранжирования организаций по уровню профессионального риска на основе единого показателя, позволяющего дифференцированно оценивать все показатели профессионального риска работников в организации и управлять ими.

Однако необходимо заметить, что в настоящий момент даже для высококвалифицированного специалиста по охране труда существующие подходы к количественной оценке таких рисков представляются практически нереализуемыми.

В связи с изменением стандартов обучения высшего образования в своем большинстве будущие выпускники вузов будут иметь квалификацию «бакалавр». По мнению авторов, в настоящее время специалистам в области охраны труда данной квалификации будет затруднительно самостоятельно оценивать профессиональные риски в организации и управлять ими. У них возникнут трудности как методологического, так и практического характера.

Для специалистов с квалификацией «магистр» эта задача решаема. Но опыт работы в организации все же необходим.

Таким образом, квалификация специалиста по охране труда напрямую влияет на эффективность системы управления охраной труда в организации. Предполагаемые уровни компетентности, которые позволяют выпускникам вузов по направлению «Техносферная безопасность» справиться с этой задачей, представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Предполагаемые уровни компетентности специалистов по охране труда  
для оценки профессиональных рисков**

Способность оценивать профриски	Уровни компетентности специалистов по охране труда (на основе перечня профессиональных образовательных программ и курсов)
Не вызовет затруднений	Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (аспирантура), «Сертификат специалиста по ОТ» и опыт в должности специалиста по ОТ не менее 6 месяцев
Не вызовет затруднений. Потребуется небольшой практический стаж работы в организации	Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (аспирантура) и «Сертификат специалиста по ОТ» Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (аспирантура)
Возможно	Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (магистратура), «Сертификат специалиста по ОТ» и опыт в должности специалиста по ОТ не менее года
Возможно. Вызовет затруднения практического характера	Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (магистратура)
Возможно. Вызовет затруднения методологического характера	Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (бакалавриат), «Сертификат специалиста по ОТ» и опыт в должности специалиста по ОТ не менее 3 лет
Возможно. Вызовет затруднения методологического и практического характера	Высшее профессиональное образование по направлению «Техносферная безопасность» (бакалавриат)

Способность оценивать профриски	Уровни компетентности специалистов по охране труда (на основе перечня профессиональных образовательных программ и курсов)
Не возможно	Высшее профессиональное техническое образование, дополнительное профессиональное образование (профессиональная переподготовка) и «Сертификат специалиста по охране труда»
	Высшее профессиональное техническое образование и дополнительное профессиональное образование (профессиональная переподготовка)
	Высшее профессиональное техническое образование, повышение квалификации
	Высшее профессиональное гуманитарное образование, дополнительное профессиональное образование (профессиональная переподготовка) и «Сертификат специалиста по охране труда»
	Высшее профессиональное гуманитарное образование и дополнительное профессиональное образование (профессиональная переподготовка)
	Высшее профессиональное гуманитарное образование и повышение квалификации
Не возможно	Среднее профессиональное образование и дополнительное профессиональное образование (профессиональная переподготовка), «Сертификат специалиста по ОТ»
	Среднее профессиональное образование и дополнительное профессиональное образование (профессиональная переподготовка)
	Среднее профессиональное образование, повышение квалификации

Стоит отметить, что без высшего образования по техносферной безопасности, по мнению авторов, оценивать профессиональные риски не представляется возможным. Даже профессиональная переподготовка может не дать слушателям необходимых инструментов для этого.

Если перед специалистами служб руководством будут поставлены задачи оценки, анализа рисков и управления ими, то методологическая сложность будет заключаться в поиске соответствующей методики. По-

скольку единой практико-ориентированной методики, утвержденной НПА, сегодня не существует, перед ними образуется огромное поле авторских, научно обоснованных и рекомендованных подходов, часть которых представлена авторами в данном учебном пособии.

Таким образом, для оценки индивидуального профессионального риска необходима соответствующая компетентность, которая, по мнению авторов, достигается при обучении в вузе по направлению «Техносферная безопасность». При этом для ряда уровней компетентностей необходим и практический опыт работы в организации.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА**

1. В каких нормативных документах встречается определение профессионального риска?
2. Какие проблемы в подходах к оценке профессиональных рисков вам известны?
3. Для чего необходимо определение индивидуального профессионального риска?
4. В каких нормативно-правовых документах определены понятия и аспекты управления профессиональными рисками?
5. Какими компетенциями должен обладать специалист в области охраны труда для оценки профессиональных рисков в организации?

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В РОССИИ**

### **2.1. ОБЗОР НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, РАССМАТРИВАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**

С 2014 года в статью 212 Трудового кодекса РФ внесена поправка, обязывающая работодателя создавать систему управления охраной труда и поддерживать ее функционирование. Это нововведение пока абстрактно для многих работодателей, однако штраф за его невыполнение составляет до 80 000 рублей (ст. 5.27.1 КоАП РФ). Эффективно управлять охраной труда невозможно без оценки профессиональных рисков.

Оценка профессионального риска (ОПР) – система мероприятий по выявлению опасности для работника, которая грозит его здоровью в связи с воздействием вредных или опасных факторов производства и трудовой нагрузки. С ее помощью можно определить вероятность причинения вреда здоровью, а также степень этого вреда. Проводиться ОПР может как в процессе санитарно-эпидемиологического надзора инспекторами, так и в процессе внутреннего производственного контроля сотрудниками организации [6].

Управление профессиональными рисками – комплекс взаимосвязанных мероприятий, являющихся элементами системы управления охраной труда и включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков [9].

Оценка риска – это процесс анализа рисков, вызванных воздействием опасностей на работе, для определения их влияния на безопасность и сохранение здоровья работников. Рассмотрим схему процедуры оценки рисков, предложенную Европейским Содружеством (ЕС) (рис. 2.1).

В процессах ОПР и управления рисками на предприятии должны быть задействованы все работники, занятые на рабочих местах. Помимо рабочих мест, оценивается рабочая зона, а также морально-психологическое состояние персонала (обязательный элемент оценки профессиональных рисков).

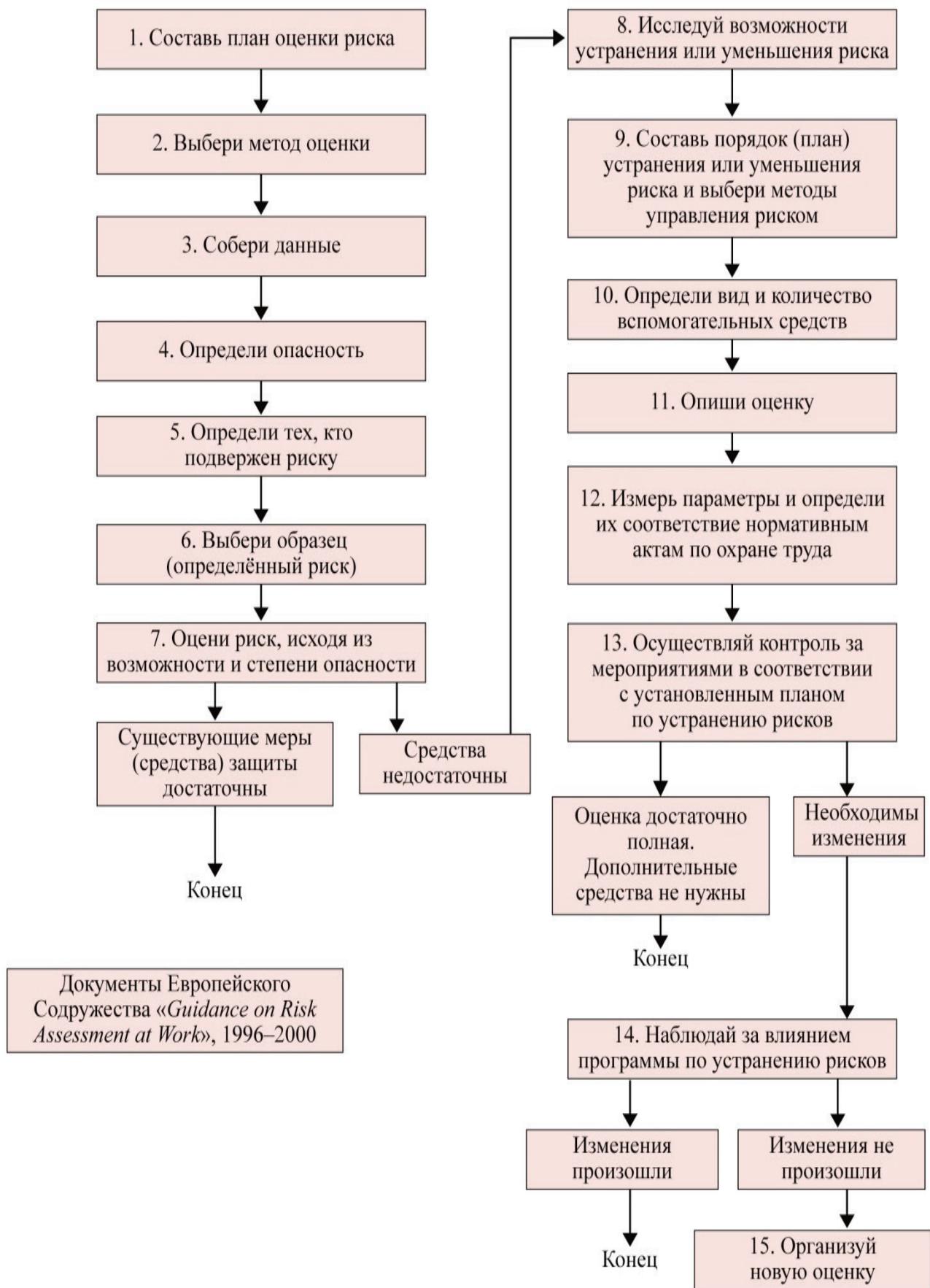


Рис. 2.1. Схема процедуры оценки рисков, предложенная ЕС

ОПР может проводиться в соответствии со следующими нормативными правовыми документами (прил. А):

1. Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

2. ГОСТ Р 12.0.010–09 «ССБТ Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков».

Кроме того, при оценке рисков можно руководствоваться следующими документами:

1. Трудовой кодекс РФ (статья 209).

2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (статья 2).

3. ГОСТ 12.0.230–2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования».

4. ГОСТ Р 12.0.010–2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков».

5. ГОСТ Р 12.0.007–2009 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию».

6. ГОСТ Р 50779.10–2000 (ИСО 3534-1–93) «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения».

7. ГОСТ Р 51897–2002 «Менеджмент риска. Термины и определения».

8. ГОСТ Р 51898–2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты».

9. ГОСТ Р 51901.2–2005 (МЭК 60300–1:2003) «Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности».

10. ГОСТ Р 51901.4–2005 (МЭК 62198:2001) «Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании».

11. ГОСТ Р 51901.5–2005 (МЭК 60300–3–1:2003) «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности».

12. ГОСТ Р 51901.6–2005 (МЭК 61014:2003) «Менеджмент риска.

Программа повышения надежности».

13. Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

14. Р2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

В настоящее время в России в основном проработаны теоретические аспекты оценки профессионального риска, ее нормативные правовые основы, принципы, методические подходы, критерии и показатели.

Так, ЗАО «Клинский институт охраны и условий труда «ОЛС-комплект» предлагает использовать интегральную оценку индивидуального профессионального риска (ИПР); Государственный университет НИИ медицины труда РАМН рекомендует метод матрицы оценки рисков (МОР); совместная работа на основе государственных контрактов 2009 года, заключенных между Фондом социального страхования Российской Федерации (ФСС РФ) и Учреждением Российской академии медицинских наук Научно-исследовательским институтом медицины труда (НИИ МТ РАМН), привела к разработке «Методики расчета индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника» и «Методики расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации»; Омский государственный технический университет предлагает метод оценки основных количественных характеристик производственных рисков, основанный на математическом моделировании. Существуют и другие методы.

Вместе с тем, ряд задач практического применения теории оценки и управления профессиональным риском остается нерешенным. В России на данный момент нет единой унифицированной методики оценки профессионального риска.

## 2.2. Подходы, основанные на нормативно-правовых документах по оценке профессиональных рисков

Профессиональный риск тесно связан с показателями условий труда и трудового процесса (воздействие техногенной системы на человека), биологического состояния человека и его здоровья. Для количественного определения индивидуального профессионального риска (ИПР) работника необходима разработка количественных методов оценки вредности и опасности условий труда на рабочем месте с учетом имеющихся рисков травмирования и защищенности работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ), а также количественных методов оценки состояния здоровья работников. Методика должна удовлетворять требованиям:

- быть относительно простой и доступной;
- обеспечивать количественную оценку уровня индивидуального и коллективного профессионального риска;
- учитывать условия труда, состояние здоровья работника, профессиональную заболеваемость и травматизм;
- обеспечивать воспроизводимость;
- быть пригодной для оценки эффективности профилактических мероприятий;
- использоваться для целей системы обязательного социального страхования.

Оценка опасностей и рисков по Р 2.2.1766–03 [5] включает 3 этапа.

Первый этап – осмотр рабочего места (РМ) для выявления:

- опасных и вредных производственных факторов (ОиВПФ), которые присутствуют или могут возникнуть;
- видов работ, при которых работники могут подвергаться выявленным ОиВПФ, включая обслуживание оборудования, чистку и аварийные работы.

Второй этап:

- сбор информации об опасных и вредных факторах для определения степени риска и возможных мер защиты;
- оценка экспозиции работников по уровню фактора и времени его действия и ее сравнение с нормативами.

Третий этап – оценка возможности устранения опасности, снижения этой опасности до минимально допустимого уровня или до уровня, который не приведет к нарушениям здоровья при воздействии в течение всего рабочего стажа.

В процедуре оценки экспозиции выделяют две стадии:

- 1) испытание и измерение;
- 2) определение экспозиции (по измерению или расчету) и оценка риска.

На стадии испытаний и измерений необходимы инженерно-технические компетенции с соответствующим метрологическим обеспечением, а на второй стадии – гигиеническая компетенция. Следовательно, оценку должны выполнять специалисты, имеющие сертификат по гигиене труда.

Заключительным этапом оценки профессиональных рисков (ОПР) является установление класса условий труда (УТ) и категории доказанности риска.

Мерой риска является класс условий труда. Безопасными считаются условия труда, относящиеся к 1-му (оптимальному) и 2-му (допустимому) классам, а опасными – все остальные (3.1, 3.2, 3.3, 3.4 или 4).

Мерой доказанности риска является категория: 1А – доказанный, 1Б – предполагаемый, 2 – подозреваемый.

Категория 1А (доказанный ПР) – по результатам гигиенической оценки УТ по параметрам Р 2.2.2006–05, периодических медицинских осмотров, лабораторных, физиологических и экспериментальных исследований, по эпидемиологическим данным; категория 1Б (предполагаемый ПР) – на основе результатов гигиенической оценки условий труда по критериям Р 2.2.2006–05, дополненных клинико-физиологическими, лабораторными, экспериментальными данными (в т. ч. данными литературы); категория 2 (подозреваемый ПР) – на основе результатов гигиенической оценки УТ по критериям Р 2.2.2006–05.

На основании этих оценок определяют срочность профилактических мероприятий в соответствии с табл. 2.1.

**Классы условий труда, категории профессионального риска  
и срочность мер профилактики**

Класс УТ по Р 2.2.2006–05	Индекс профзаболе- ваний $I_{ПЗ}$	Категория ПР	Срочность мероприятий по снижению риска
Оптимальный – 1	–	Риск отсутствует	Меры не требуются
Допустимый – 2	< 0,05	Пренебрежимо малый (переноси- мый) риск	Меры не требуются, но уязвимые лица (несо- вершеннолетние лица, беременные или кормя- щие женщины, инвали- ды) нуждаются в допол- нительной защите
Вредный – 3.1	0,05–0,11	Малый (умерен- ный) риск	Требуются меры по сни- жению риска
Вредный – 3.2	0,12–0,24	Средний (сущес- твенный) риск	Требуются меры по сни- жению риска в устано- вленные сроки
Вредный – 3.3	0,25–0,49	Высокий (непере- носимый) риск	Требуются неотложные меры по снижению риска
Вредный – 3.4	0,5–1,0	Очень высокий (непереносимый) риск	Работы нельзя начинать или продолжать до сни- жения риска
Опасный (экстремальный)	> 1,0	Сверхвысокий риск и риск для жизни, присущий данной профессии	Работы должны прово- диться только по специ- альным регламентам

При принятии управлеченческих решений по снижению риска (управление риском или профилактика) и выборе приоритетов необходимо учитывать категорию доказанности риска, его уровень, численность занятых на этом участке работников, а также наличие уязвимых групп – несовершеннолетних лиц, беременных женщин, кормящих матерей, инвалидов (№ 184–ФЗ).

В Руководстве приведен порядок оценки рисков:

Этап 1 – гигиеническая оценка и установление класса УТ по критериям Р 2.2.2006–05 (табл. 2.1). Риск оценивают по категории 2 (подозреваемый). Этап 2 – анализ нормативной технической документации на оборудование, технологические процессы, материалы и т. п., анализ литературы по УТ данной профгруппы, а также привлечение имеющихся материалов – клинико-физиологических, лабораторных, экспериментальных исследований, учет экспертиз, расследований. По этим данным риск оценивают по категории 1Б (предполагаемый).

Этап 3 – анализ профессиональной заболеваемости.

Этап 4 – анализ результатов периодических медицинских осмотров.

Этап 5 – анализ заболеваемости (временная утрата трудоспособности, инвалидность, смертельный исход и т. п.) по специальным программам.

Этап 6 – верификация класса УТ, определенного на этапе 1, с учетом данных, полученных на этапах 2–5.

Этап 7 – расчет индекса профзаболеваний.

Этап 8 – шкалирование полученных данных по заболеваемости с временной утратой работоспособности (ЗВУТ), по инвалидности, смертности, другим показателям.

Этап 9 – расчеты величин относительного риска (RR), этиологической доли (EF), доверительных интервалов 95 % (CI).

Этап 10 – оценивание риска и определение категории доказанности риска.

Этап 11 – заключение.

Этап 12 – рекомендации.

В соответствии с ГОСТ Р 12.0.010–09 [3] оценку рисков проводят прямыми и косвенными методами (рис. 2.2). На рисунке отражена зависимость выбора метода от целей оценки рисков, объема статистической информации и особенностей решаемых задач.

*Прямые методы* используют статистическую информацию по выбранным показателям риска или непосредственно показатели ущерба и вероятности их наступления. При наличии статистической информации, достаточной для достижения требуемой точности оценки, значение показателя риска оценивают (прогнозируют), используя в общем случае методы многомерного статистического анализа. Для обеспечения требуемой

точности оценки риска при недостаточности статистической информации используют статистический по объединенной выборке, вероятностно-статистический или экспертно-статистический методы. Критерием выбора метода служит относительная погрешность показателя риска, рассчитываемая через квантили распределений, описывающих ошибку как случайную величину, частоту выбранного показателя риска и объем наблюдений.

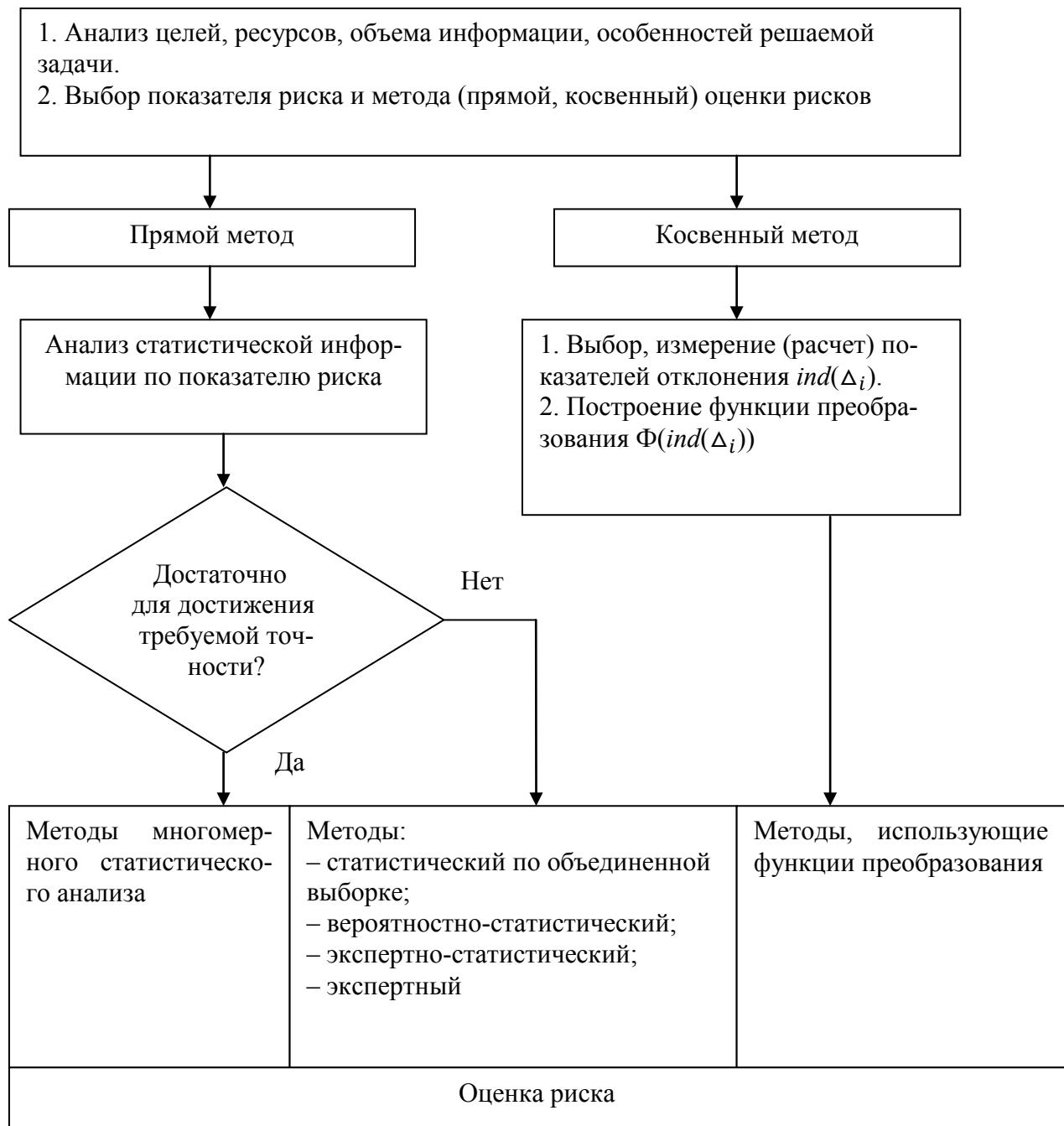


Рис. 2.2. Порядок оценки профессиональных рисков

При оценке рисков *прямыми методами* применяют следующие показатели рисков:

- $K_{ЧР}$  – коэффициент частоты несчастных случаев – количество несчастных случаев, произошедших за один год, на  $10^3$  работников;
- $K_{ЧЧ}$  – коэффициент частоты несчастных случаев – количество несчастных случаев, произошедших за 10 отработанных человеко-часов;
- $K_{ЧСИ}$  – коэффициент частоты наступления несчастного случая со смертельным исходом – количество несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших за один год, на 10 работников;
- $K_{ТПТ}$  – коэффициент тяжести производственного травматизма – средняя продолжительность временной утраты трудоспособности на один произошедший несчастный случай за один год. – Индекс профессиональной заболеваемости

$$I_{ПЗ} = (K_P \cdot K_T)^{-1}, \quad (2.1)$$

где  $K_P$  – категория частоты выявления профзаболевания (1-я категория – более 10 % случаев профзаболеваний; 2-я категория – 1–10 %; 3-я категория – до 1 %);

$K_T$  – категория тяжести выявленного профзаболевания (5-я категория – временная утрата трудоспособности до трех недель; 4-я категория – более трех недель; 3-я категория – постоянная частичная нетрудоспособность и т. д.).

Интегральный показатель по виду экономической деятельности

$$I_{П} = \frac{E_{ВВ}}{E_{ФОТ}} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

где  $E_{ВВ}$  – общая сумма расходов на обеспечение по страхованию по данному виду экономической деятельности в истекшем календарном году;  $E_{ФОТ}$  – размер фонда оплаты труда по данному виду экономической деятельности, на который начислены страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в истекшем календарном году.

Индекс травматизма – количество дней временной утраты трудоспособности в результате несчастных случаев на  $10^3$  работников за один год.

Если отсутствует статистическая информация о значениях выбранных показателей рисков или требуется установить влияние опасностей на риски (частично решить задачу управления охраной здоровья и обеспечения безопасности труда), то расчет рисков проводят экспертными методами. Риск  $R$  в общем случае рассчитывают суммированием произведений возможных дискретных значений ущерба здоровью и жизни работника  $U_i$  на вероятности их наступления  $P_i$ :

$$R = \sum_{i=1}^N P_i U_i, \quad (2.3)$$

где  $N$  – количество дискретных значений возможных ущербов (одного типа, одной размерности) или объединяющих их групп. Вычисляемое по формуле (2.3) значение является математическим ожиданием дискретной случайной величины – ущерба здоровью и жизни работника. Если ущерб  $U$  является непрерывной случайной величиной, имеющей плотность распределения вероятностей  $f(U)$ , то риск рассчитывают по формуле

$$R = \int U f(U) dU. \quad (2.4)$$

Интеграл берут по всему интервалу изменения ущерба. Характеристики случайных чисел, в том числе значения вероятности и ущерба, как правило, определяют по репрезентативной ограниченной по объему и времени выборке. В этом случае формула (2.3) приобретает следующий вид:

$$R^* = \sum_{i=1}^N P_i^* U_i, \quad (2.5)$$

где  $R^*$  – статистическая оценка риска;  $P_i^*$  – частота наступления  $U_i$  ущерба здоровью и жизни работника.

Оценку рисков на РМ производят с использованием формул (2.3–2.5) в определенной последовательности:

1. Идентификация опасностей и их проявления (при необходимости).

2. Определение соответствия каждой идентифицированной опасности, возможного ущерба и соответствующего ему весового коэффициента.

3. Определение качественных значений вероятностей наступления ущербов и исхода, не связанного с наступлением ущерба, и соответствующих им весовых коэффициентов путем логического анализа дерева событий или с использованием верbalного описания вероятностей (частот).

4. Определение рисков по каждой из идентифицированных опасностей путем перемножения численных значений вероятностей (частот) наступления ущербов и соответствующих весовых коэффициентов ущербов.

5. Оценка значимости рисков по каждой из идентифицированных опасностей по шкале оценки значимости рисков.

6. Определение общего риска на РМ путем сложения рисков каждой идентифицированной опасности.

7. Оценка значимости рисков на РМ по шкале оценки значимости рисков.

Ущерб здоровью и жизни работника (далее – ущерб) связан с воздействием ВиОПФ, приведенных в ГОСТ 12.0.003–74 «ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Ущерб проявляется в виде профессиональных заболеваний (острых или хронических) и (или) производственного травматизма. Показатели ущерба отражают:

- ухудшение состояния здоровья работника и (или) его потомства;
- нарушение функционального состояния организма;
- сокращение предстоящей продолжительности жизни;
- нарушение психосоциального благополучия (удовлетворенности работой, семьей, доходами и здоровьем).

Выбор показателя ущерба, используемого для оценки риска, зависит от целей, ресурсов, объема информации, особенностей решаемых задач и других факторов.

Используют следующие количественные показатели ущерба:

- количество и тяжесть профессиональных заболеваний;
- продолжительность временной утраты трудоспособности;
- сумма пособий по временной нетрудоспособности;

- количество случаев стойкой утраты профессиональной трудоспособности;
- степень утраты профессиональной трудоспособности в процентах;
- сумма расходов на обеспечение по страхованию по данному виду экономической деятельности и другие показатели.

Также используют и качественные показатели ущерба. Ущерб от несчастных случаев классифицируют по их тяжести, например:

- легкий ущерб, когда пострадавшему работнику не требуется оказания медицинской помощи, в худшем случае – 3-дневное отсутствие на работе;
- средний ущерб, когда пострадавшего работника доставляют в организацию здравоохранения или требуется ее посещение; отсутствие на работе до 30 дней; развивается хроническое заболевание;
- тяжелый ущерб, когда несчастный случай вызывает серьезное (неизлечимое) повреждение здоровья, требуется лечение в стационаре; отсутствие на работе более 30 дней; стойкая утрата трудоспособности или смерть.

Ущерб, связанный с нарушениями функций организма, оценивают, например, как незначительный, умеренный, выраженный, значительно выраженный. Допускают использование и других качественных показателей ущерба здоровью – несущественный, малый, средний, существенный, большой, несовместимый с жизнью и т. д. Ущерб здоровью, вызываемый профессиональными заболеваниями, имеет многообразные клинические проявления, различные по характеру и по степени выраженности нарушения функций. Их объединяют в пять групп:

- первая группа – неблагоприятные функциональные изменения в организме работника и (или) его потомстве, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном, чем к началу следующей смены, перерыве в работе;
- вторая группа – стойкие неблагоприятные функциональные изменения в организме работника и (или) его потомстве, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости, повышению уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности, и в первую очередь теми болезнями, которые отражают со-

стояние наиболее уязвимых к ВиОПФ органов и систем, появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний, без потери профессиональной трудоспособности, возникающих после продолжительной экспозиции, часто после 15 лет и более;

- третья группа – неблагоприятные изменения в организме работника и (или) его потомстве; развивающиеся профессиональные болезни легкой и средней степеней тяжести с потерей профессиональной трудоспособности в период трудовой деятельности; хроническая профессионально обусловленная патология;
- четвертая группа – неблагоприятные изменения в организме работника и (или) его потомстве; тяжелые формы профессиональных заболеваний с потерей общей трудоспособности; хронические заболевания и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;
- пятая группа – угроза для жизни возникает в течение рабочей смены или ее части, существует опасность развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

С целью оценки рисков для здоровья и жизни работников *косвенными методами* используют показатели, характеризующие отклонение существующих (контролируемых) условий (параметров) от норм (далее – показатели отклонения) и имеющие причинно-следственную связь с рисками.

К таким показателям относят:

- отклонение значений (измеренных или рассчитанных) ВиОПФ (концентрация, доза, уровень и т. д.) от предельно допустимых концентраций, уровней и других известных предельных значений;
- отношение не выполненных на рабочем месте нормативных требований ОТ к их общему количеству и т. д.

По существующей или построенной функции преобразования (отображения) пространства показателей отклонений на пространство рисков здоровью и жизни, используя измеренные (рассчитанные) значения показателей отклонения  $ind(\Delta_i)$  в качестве исходных данных, определяют значения показателей риска:

$$R_i = \Phi(ind\Delta_i), \quad (2.6)$$

где  $\Phi$  – функция преобразования (отображения) показателей отклонений  $ind(\Delta_i)$  на пространство рисков  $R$ .

При построении функции преобразования (отображения) учитывают:

- состояние здоровья;
- заболеваемость с временной утратой трудоспособности;
- биологический возраст в сравнении с паспортным;
- нарушение репродуктивного здоровья и здоровья потомства;
- смертность, недожитие, инвалидность и т. д.

Степень причинно-следственной связи нарушений здоровья (возникновение ущербов и рисков) с показателями отклонений определяют по данным эпидемиологических исследований, рассчитывая относительный риск и этиологическую долю.

Существуют косвенные методы оценки рисков на основе определения класса УТ и на основе ранжирования уровня требований.

### 2.3. КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ

Среди самых известных можно рассмотреть **косвенный метод оценки рисков на основе определения класса условий труда**.

Все УТ в зависимости от величины возможного ущерба здоровью и жизни работника делят на классы: оптимальные, допустимые, вредные, опасные.

Оптимальные УТ (1-й класс) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые УТ (2-й класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленные гигиенические нормативы для РМ, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентирован-

ного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать не-благоприятного действия в ближайшем и отдаленном периодах на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые УТ условно относят к безопасным.

Вредные УТ (3-й класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство. Вредные УТ по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются на 4 подкласса:

- подкласс 3.1 – характеризуется такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, останавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивают риск повреждения здоровья;

- подкласс 3.2 – уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно-обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности, и в первую очередь теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

- подкласс 3.3 – УТ, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

- подкласс 3.4 – УТ, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

4-й класс – опасные (экстремальные) УТ. Характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Отнесение условий труда к тому или иному классу в зависимости от уровней (значений) показателей, характеризующих ВиОПФ, тяжесть и напряженность труда, выполнение требований безопасности труда, проводят по действующим правилам, методикам, руководствам. Для этого измеряют (рассчитывают) значение показателя, а затем его сравнивают с нормативными предельно допустимыми значениями (концентрациями, уровнями и т. д.). Степень (кратность) превышения является критерием отнесения конкретных условий к классу. Каждому классу условий труда соответствует определенный риск, выраженный как качественной величиной (от пренебрежимо малого до сверхвысокого), так и количественной величиной – индексом профессиональной заболеваемости (табл. 2.2).

Таблица 2.2

**Категории профессионального риска в зависимости от класса условий труда**

Класс условий труда	Индекс профзаболеваний $I_{ПЗ}$ (постр./чел.)	Категория профессионального риска
Оптимальный (1)	0	Риск отсутствует
Допустимый (2)	<0,05	Пренебрежимо малый (переносимый) риск
Вредный (3.1)	0,05–0,11	Малый (умеренный) риск
Вредный (3.2)	0,12–0,24	Средний (существенный) риск
Вредный (3.3)	0,25–0,49	Высокий (непереносимый) риск
Вредный (3.4)	0,5–1,0	Очень высокий (непереносимый) риск
Опасный (4)	1,0	Сверхвысокий риск, присущий данной профессии

Индекс профессиональной заболеваемости – это относительная вероятность возникновения случая профессионального заболевания со стойкой утратой трудоспособности в результате воздействия вредных производственных факторов на работника.

Коэффициент частоты профессиональных заболеваний  $K_{n3}$  – это среднее число заболеваний со стойкой утратой трудоспособности, приходящееся на 1000 работающих (чел.), зарегистрированных за определенный (отчетный) период времени (год):

$$K_{n3} = (T_3 / P) \cdot 1000 \text{ (случаев/год)}, \quad (2.7)$$

где  $T_3$  – число случаев стойкой утраты трудоспособности в отчетном периоде (случаев/год);  $P$  – среднесписочная численность работающих за отчетный период (чел./год).

Также используется коэффициент тяжести заболеваний (средняя тяжесть одного заболевания, выражаящаяся в днях нетрудоспособности из-за заболеваний, за отчетный период времени (год)).

**Рассмотрим косвенный метод оценки рисков на основе ранжирования уровня требований.**

Этот метод позволяет провести сравнительную оценку рисков на рабочем месте. В основе метода лежит предположение, что выполнение нормативных требований (в частности, по охране труда) в полном объеме не причиняет ущерба здоровью и жизни работника. В этом случае риски минимальны. Чем больше доля невыполненных требований, тем выше риски. Поскольку требования могут оказывать разное влияние на риски, их делят на группы.

Так, государственные нормативные требования ОТ относят к группе обязательных требований. Общее количество важных и рекомендуемых требований обозначены как  $n_{OB}$  и  $n_{OP}$ . Количество выполненных в полном объеме обязательных, важных и рекомендуемых требований обозначено как  $n_{VO}$ ,  $n_{VB}$  и  $n_{VR}$  соответственно. В формуле (2.8) общее количество таких требований обозначено как  $n_{OO}$ . Каждой группе требований присваивают определенный весовой коэффициент, например, обязательной группе –  $K_1$ , важной –  $K_2$ , рекомендуемой –  $K_3$ , причем  $K_1 > K_2 > K_3$ .

Индекс безопасности  $I_{OBP}$  – отношение количества требований, которые выполнены, к общему количеству показателей с учетом их весовых коэффициентов – рассчитывают по формуле

$$I_{OBP} = \frac{K_1 n_{BO} + K_2 n_{BB} + K_3 n_{BP}}{K_1 n_{OO} K_2 n_{OB} K_3 n_{OP}} \cdot 100 \%. \quad (2.8)$$

Количество групп и весовые коэффициенты выбирают по усмотрению экспертов. Если требования не делят на группы и им не присваивают весовые коэффициенты, формула может быть трансформируема в простую дробь, в числителе которой находится количество выполненных требований, а в знаменателе – общее количество требований.

## 2.4. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПО МАТРИЦЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ

Определение и оценка рисков на РМ производится на основе установленных элементов риска:

- тяжести возможного ущерба для здоровья и безопасности (травмирования) от идентифицированных опасностей на РМ;
- вероятности нанесения этого ущерба.

Величина и степень рисков на РМ определяются экспертным методом с применением матрицы оценки риска (МОР), построенной на основе установленных элементов риска. МОР содержит пять уровней тяжести последствий по вертикали и пять уровней вероятностей (частоты) несчастного случая по горизонтали: матрица  $(5 \times 5)$ .

Каждому уровню тяжести последствий вдоль вертикальной оси (субъективной шкалы серьезности) и каждому уровню вероятностей вдоль горизонтальной оси (субъективной шкалы частоты) присвоены ранговые оценки 1, 2, 3, 4, 5, которым соответствуют значения тяжести последствий и вероятности наступления события согласно описанию определенной ситуации (по сценарию) и качественной характеристики частоты события (ранжирование сценариев). Значения тяжести на вертикальной шкале серьезности последствий МОР снабжены числами, показывающими величину

ранга (1, 2, 4, 5), и обозначены буквами (N, Mi, Mo, S и C – по первым буквам английских слов, характеризующих каждый уровень).

Каждый уровень тяжести имеет описание соответствующих ему ситуаций по возрастанию степени тяжести:

(1) N [Negligible – англ. незначительный, неважный, не принимаемый в расчет, игнорируемый]: отсутствие травм, незначительные повреждения, воздействием можно пренебречь;

(2) Mi [Minor – англ. незначительный, несущественный, второстепенный, легкий, несерьезный, неопасный]: малые повреждения, незначительные травмы, воздействие на здоровье и безопасность незначительно (последствия легко устранимы, затраты на ликвидацию последствий не велики);

(3) Mo [Moderate – англ. умеренный,держаный]: воздействие на здоровье и безопасность не велико, повреждения средней тяжести, травмы с временной потерей трудоспособности, происшествие с умеренными результатами (наличие аварийных выбросов, ликвидация последствий не связана с крупными затратами);

(4) S [Serious – англ. серьезный, важный, значительный, существенный]: несчастные случаи с длительной потерей трудоспособности, воздействие на здоровье и безопасность персонала ощутимо, происшествие с серьезными последствиями (небольшие разрушения, существенные нарушения функций оборудования, ликвидация последствий связана со значительными затратами);

(5) C [Critical – англ. критический, требовательный, неодобрительный]: смертельные случаи, критическое воздействие на здоровье и безопасность персонала, значительные разрушения, полное нарушение функций оборудования, ликвидация последствий требует значительных ресурсов.

Значения вероятности на горизонтальной шкале (субъективная шкала частоты (вероятности)) обозначены буквами и имеют следующие характеристики частоты возможного события или вероятности [в квадратных скобках указана краткая общепринятая характеристика вероятности]:

(1) A – событие практически никогда не произойдет – частота в год  $10^{-4} – 10^{-6}$  [Неправдоподобное];

(2) В – событие случается редко – частота в год  $10^{-2} - 10^{-4}$  [Маловероятное];

(3) С – вероятность события за рассматриваемый промежуток времени около 0,5 (50 на 50 %) – частота в год  $10^{-1} - 10^{-2}$  [Случайное];

(4) D – скорее всего, событие произойдет – частота в год  $1 - 10^{-1}$  [Вероятное];

(5) Е – событие почти обязательно произойдет – частота в год  $> 1$  [Частое].

Для каждой идентифицированной на рабочем месте опасности выявленное последствие, выражющееся возможностью получения травмы и (или) возможностью ухудшения состояния здоровья, подвергается операции определения величины риска по МОР (табл. 2.3).

Таблица 2.3

**Матрица оценки рисков на рабочих местах**

C (5)	C 5	C 10	B 15	B 20	B 25
S (4)	H 4	C 8	C 12	B 16	B 20
Mo (3)	H 3	C 6	C 9	C 12	B 15
Mi (2)	H 2	H 4	C 6	C 8	C 10
N (1)	H 1	H 2	H 3	H 4	C 5
Серьезность	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)
Частота в год	Событие практически никогда не произойдет	Событие случается редко	Вероятность события около 0,5	Событие, скорее всего, произойдет	Событие обязательно произойдет
	Неправдоподобное $10^{-4} - 10^{-6}$	Маловероятное $10^{-2} - 10^{-4}$	Случайное $10^{-1} - 10^{-2}$	Вероятное $1 - 10^{-1}$	Частое $> 1$

Как правило, содержание последствий принимают за возможный ущерб. Для определения степени тяжести ущерба необходимо по шкале серьезности МОР выбрать подходящий ранг (число 1, 2, 3, 4, 5).

С этой целью предполагаемое последствие для здоровья или безопасности сопоставляется с описанием ситуации по сценарию для всех уровней тяжести (N, Mi, Mo, S и C).

Из них выбирается тот уровень, который по описанию лучше других соответствует предполагаемому последствию для здоровья или безопасности (возможности травмирования).

В результате будет определен уровень тяжести – число и обозначение уровня тяжести по шкале серьезности, например (3) Mo, (4) S и т. п.

Для определения вероятности нанесения предполагаемого ущерба имеющаяся информация о частоте подобного ущерба или событий с подобными последствиями сопоставляется со всеми уровнями вероятностей вдоль горизонтальной оси – субъективной шкалы частоты (A, B, C, D, E).

Выбирается тот уровень вероятности, который по описанию лучше других, по мнению эксперта, соответствует частоте предполагаемого события (последствия для здоровья или безопасности с установленной степенью тяжести). В результате определяется уровень вероятности – число и обозначение уровня по субъективной шкале частоты (вероятности), например 2 (B), 3 (C), 4 (D) и т. п.

После определения уровня предполагаемой тяжести и уровня вероятности (предполагаемой частоты) величина риска в соответствии с МОР определяется путем перемножения номера строки и номера столбца в соответствии с определением риска. Риск тем больше, чем больше возможный размер ущерба и (или) чем выше вероятность наступления ущерба (чем больше произведение в ячейке, находящейся на пересечении строки и столбца).

Оценка риска на допустимость (приемлемость) производится на основе данных табл. 2.4.

Таблица 2.4

#### Оценка профессионального риска по величине и степени риска

Степень риска	Величина риска	Допустимость (приемлемость)	Необходимые действия
Низкая (Н)	1–4	Безусловно допустимый	Применяются обычные процедуры управления
Средняя (С)	5–12	Ограниченно допустимый	Требуется снижение риска до минимально возможного. Необходимо определение ответственных лиц
Высокая (В)	15–25	Недопустимый (чрезмерный)	Требуется немедленное вмешательство

Таким образом, результат оценки риска травмирования состоит из указания величины и степени риска:

- низкий (Н): Н1; Н2; Н3; Н4
- средний (С): С5; С6; С8; С9; С10; С12
- высокий (В): В15; В16; В20; В25.

## 2.5. ОЦЕНКА РИСКА НЕЛЕТАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТРАВМ И ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ В США

Международный опыт разных стран в области оценки профессиональных рисков велик. В настоящем учебном пособии представим лишь один из подходов к данной проблеме.

Метод рекомендован Бюро трудовой статистики Соединенных Штатов Америки для классификации несмертельных несчастных случаев на рабочем месте и заболеваний [16].

Чтобы дать количественную оценку фактическому риску, данные по травматизму на рабочем месте должны быть увязаны со степенью подверженности риску, сопряженной с количеством рабочих часов. Последняя характеристика УТ может быть получена из других обзоров. Частоту несмертельных несчастных случаев на производстве у группы рабочих можно вычислить из отношения числа несчастных случаев, зарегистрированных для данной группы, к количеству рабочих часов за тот же период времени. Полученные показатели и представляют собой риск получить травму за час работы:

$$Ч_{ст.нс} = \frac{К-во_{нс} \text{ в течение выбранного периода времени}}{К-во_{часов работы коллектива за тот же срок}}. \quad (2.9)$$

Способ сравнения риска травматизма среди рабочих различных профессий заключается в вычислении относительного риска:

$$Отн. риск (OP) = \frac{\text{Частота нс для выбранной группы}}{\text{Частота нс для контрольной группы}}. \quad (2.10)$$

Специальная группа может быть определена в качестве контрольной, например группа руководящих работников или рабочих одной специальности. Контрольной группой можно считать, к примеру, и всех рабочих. Во всяком случае, относительный риск (ОР) имеет то же значение, что и относительная частота заболеваний, обычно используемая в эпидемиологических исследованиях (Rothman, 1986 г.). Данная величина алгебраически эквивалентна проценту всех несчастных случаев, происходящих в избранной группе, поделенному на процент рабочих часов, характеризующий избранную группу. Если ОР превышает 1.0, это означает, что у участников избранной группы, скорее всего, будет больше травм, чем у членов контрольной группы; если ОР меньше 1.0, это означает, что в среднем у членов избранной группы будет меньшее количество травм в час.

## **2.6. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАБОТНИКА**

Индивидуальный профессиональный риск (ИПР) работника – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением работником обязанностей по трудовому договору (контракту) в зависимости от УТ на его РМ и состояния здоровья работника.

ИПР работника зависит от следующих параметров (факторов риска):

- УТ на РМ работника в процессе выполнения им профессиональной деятельности;
- состояния здоровья работника;
- возраста работника;
- трудового стажа работника во вредных и (или) опасных условиях труда.

Профессиональная заболеваемость и производственный травматизм также являются основными показателями профессионального риска.

Все перечисленные выше параметры профессионального риска можно разделить на управляемые, квазиуправляемые и неуправляемые. К управляемым параметрам отнесем условия труда, к квазиуправляемым – показатель здоровья работника и продолжительность пребывания работника

во вредных и (или) опасных условиях труда, к неуправляемым – возраст работника. В общем виде можно записать, что

$$\text{ИПР} = f \cdot (\text{ИОУТ}, 3, \text{В}, \text{С}), \quad (2.11)$$

где ИОУТ – интегральная оценка условий труда на рабочем месте работника; 3 – показатель состояния здоровья работника; В – показатель возраста работника; С – показатель трудового стажа работника во вредных и (или) опасных условиях труда.

Важно в дальнейшем, при записи в общем виде ИПР работника, соблюдать в выражении (2.11) строгую последовательность внесения параметров. Первым записывается параметр, оценивающий УТ, вторым указывается параметр, характеризующий состояние здоровья, третьим записывается показатель оценки возраста и последним – показатель оценки трудового стажа. Приведенная последовательность записи параметров в ИПР позволяет идентифицировать конкретного работника по отношению к оценке УТ на его РМ, оценке состояния здоровья работника и оценке его персональных данных, а также унифицировать форму записи ИПР и тем самым достичь цели последующего понимания различными пользователями того, какая информация содержится в приведенной записи ИПР работника.

*Например*, ИПР конкретного работника в общем виде может быть задан (записан) с помощью следующих параметров:

$$\text{ИПР (ф.и.о.работн.)} = f(\text{ИОУТ}, 3, \text{В}, \text{С}) = (0,02; 3; 3; 2). \quad (2.12)$$

Такая запись показывает, что работник имеет допустимые УТ на РМ; относится к группе лиц с компенсированным течением заболевания, редкими обострениями, непродолжительными потерями трудоспособности; его возраст в диапазоне от 40 до 49 лет, трудовой стаж во вредных УТ – от 11 до 20 лет.

Для определения конкретного значения ИПР работника как интегрального показателя, зависящего от нескольких факторов, используют взвешенное суммирование отдельных параметров. При этом веса ( $w_i$ ) от-

дельных факторов риска определяются на основе экспертных оценок. Сумма весовых коэффициентов должна быть равна единице.

На основе экспертных оценок каждому параметру приписывается весовой коэффициент, при этом чем выше важность параметра в формировании ИПР, тем больший вес имеет параметр (табл. 2.5).

Таблица 2.5

**Значения весовых коэффициентов**

Параметр	Весовой коэффициент	
	Обозначение	Значение
Условия труда	$w_1$	0,5
Состояние здоровья работника	$w_2$	0,2
Возраст работника	$w_3$	0,1
Трудовой стаж работника во вредных и (или) опасных условиях труда	$w_4$	0,2

Абсолютные значения показателей параметров переводятся в относительные. Для этого значения всех показателей выражаются в долях от максимального значения показателя путем умножения значения показателя на соответствующий коэффициент. Значения коэффициентов, используемых для перевода показателей параметров из абсолютных величин в относительные, приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

**Значения коэффициентов перевода параметров из абсолютных величин в относительные величины**

Показатель	Максимальное значение показателя	Значение коэффициента для перевода показателя из абсолютных величин в относительные величины
Интегральная оценка условий труда на РМ	15	1/15
Показатель оценки состояния здоровья работника	5	1/5
Показатель оценки возраста работника	5	1/5
Показатель оценки трудового стажа работника	5	1/5

Выполняется суммирование взвешенных значений всех параметров, приведенных к относительным значениям:

$$SUM = w_1 \cdot (1/15) \cdot \text{ИОУТ} + w_2 \cdot (1/5) \cdot 3 + w_3 \cdot (1/5) \cdot B + w_4 \cdot (1/5) \cdot C. \quad (2.13)$$

ИПР работника как одночисловое значение, зависящее от УТ и состояния здоровья работника, вычисляется умножением суммы взвешенных значений параметров (УТ, трудового стажа работника в условиях воздействия ВиОПФ, возраста работника, состояния здоровья работника), приведенных к относительным значениям, на показатели травматизма и заболеваемости на рабочем месте:

$$ИПР = SUM \cdot П_Т \cdot П_З, \quad (2.14)$$

где  $SUM$  – сумма взвешенных значений параметров ИОУТ, З, В, С;  $П_Т$  – показатель оценки травматизма на рабочем месте за истекший год;  $П_З$  – показатель оценки заболеваемости на рабочем месте за истекший год.

Показатель травматизма зависит от количества случаев получения работниками травм на данном рабочем месте и тяжести последствий травмирования работника:

$$П_Т = K_C \cdot K_T, \quad (2.15)$$

где  $K_C$  – коэффициент, учитывающий количество случаев травматизма на рабочем месте за истекший год;  $K_T$  – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий травмирования работников на рабочем месте за истекший год. Значение коэффициента  $K_T$  определяется по наибольшему значению среди всех коэффициентов  $K_T$  на данном рабочем месте. В табл. 2.7 приведены значения коэффициентов числа случаев  $K_C$  и тяжести травм  $K_T$ .

Таблица 2.7

Значения коэффициентов  $K_C$  и  $K_T$ 

Показатель	Количество травм за истекший период				
	0	1	2	3	> 3
$K_C$	0	1,1	1,2	1,3	1,4
$K_T$	1	1,1	1,2	1,4	2,0
	Тяжесть последствий травмы				
	ВУТ до 1 мес	ВУТ от 1 до 6 мес	ВУТ более 6 мес	Инвалидность	Смерть
	1	1,1	1,2	1,4	2,0

Показатель заболеваемости  $P_3$  на данном рабочем месте за истекший год определяется в соответствии с табл. 2.8.

Таблица 2.8

Значения показателя заболеваемости  $P_3$ 

Показатель	Количество выявленных случаев профзаболеваний у работников на данном рабочем месте		
	0	1	2 и более
$P_3$	1	1,5	2

Интегральный показатель уровня профессионального риска в организации (УПРО) представляет собой математико-статистическую величину, получаемую на основе обработки показателей ИПР работников организации, сгруппированных по профессиям либо по структурным подразделениям.

УПРО на основе профессиональных групп рассчитывается как отношение суммы взвешенных групповых средних значений ИПР работников всех профессиональных групп в анализируемой организации к сумме весов групповых средних значений ИПР работников всех профессиональных групп.

Таким образом, алгоритм расчета ИПР основан на использовании интегральной оценки УТ на РМ с учетом общего состояния здоровья работника, его возраста и стажа работы во вредных и (или) опасных УТ, а также

числа зарегистрированных в истекшем году на РМ данного работника и аналогичных РМ случаев профессиональных заболеваний и травм. Расчет величины УПРО основан на анализе показателей индивидуального профессионального риска работников и групповых показателей риска в профессиональных группах и структурных подразделениях. Расчет УПРО позволяет, например, в рамках корпорации ранжировать предприятия в зависимости от степени профрисков персонала и принимать соответствующие управленческие решения, в том числе по распределению ресурсов на охрану труда. Кроме того, расчет УПРО может служить базой для установления страховых тарифов.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА**

1. Перечислите нормативные правовые акты, регламентирующие процедуру оценки профессиональных рисков.
2. Опишите процедуру оценки профессиональных рисков по Р 2.2.1766–03.
3. На основании чего выбирается метод оценки профессионального риска? На чем основаны прямой метод и косвенный?
4. По каким параметрам производят оценку профессионального риска по МОР?
5. На чем основана интегральная оценка индивидуального профессионального риска?
6. Что понимается под уровнем профессионального риска в организации?

### 3. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ

В данной главе рассматривается методика оценки основных количественных характеристик производственных рисков, предложенная коллективом авторов [10].

В соответствии с указанной выше методикой под **производственным риском** понимается индивидуальный профессиональный риск работника без учета персонализированных данных. Не учитываются возраст, стаж, состояние здоровья работника (итоги диспансеризации) и прочие персональные (индивидуальные) данные. Однако значение риска, полученное в ходе расчета, может относиться только к данному рабочему месту. Другое, схожее рабочее место может иметь другое расчетное значение производственного риска.

#### 3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СОБЫТИЙ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

В любом производственном процессе воздействие риска от производственного фактора на работающего на данном рабочем месте логично рассматривать как сложное случайное событие, обусловленное наступлением трех событий. Первое из них – это возникновение данного фактора риска  $f$  на данном временном промежутке в некоторый момент времени – событие  $S_f$ . Второе – попадание работающего на данном рабочем месте  $w$  в зону его воздействия – событие  $S_w$ . Третье – негативные изменения возможностей работающего выполнять свои производственные обязанности – событие  $S_h$ .

Вероятность наступления всех трех событий вычисляется по формуле

$$P(S_f \cdot S_w \cdot S_h) = P(S_f) \cdot P(S_w/S_f) \cdot P(S_h/(S_f \cdot S_w)),$$

где  $P(S_f)$  – вероятность наступления события  $S_f$ ;  $P(S_w/S_f)$  – условная вероятность наступления события  $S_w$  при условии наступления события  $S_f$ ;  $P(S_h/(S_f \cdot S_w))$  – условная вероятность события  $S_h$  при условии наступления событий  $S_f$  и  $S_w$ .

Для оценки вероятности воздействия риска от производственного фактора  $f$  на работающего на рабочем месте  $w$  необходимо смоделировать оценки для всех сомножителей в правой части этого равенства. В рамках предлагаемых моделей исключается возможность равенства единице всех трех указанных выше оценок, поскольку практически это означает 100%-е возникновение данного фактора риска, 100%-е попадание работающего в зону его воздействия и, как следствие этого, – получение производственной травмы или смертельного исхода.

Источниками возникновения риска от производственных факторов технологического процесса могут быть особенности используемых технологий, аварийные или нештатные ситуации, возникающие при эксплуатации технологического оборудования и аппаратуры, дефекты заготовок (сырья), условия труда, квалификации работающих и т. д. При этом существует большой временной разброс – от весьма кратковременно действующих источников производственных факторов риска до действующих практически постоянно.

В связи с этим предлагаются различные варианты конструирования экспертных оценок вероятностей возникновения производственных факторов риска технологических процессов.

Рассмотрим группу производственных факторов риска, источниками которых являются кратковременные однотипные технологические операции (включение или выключение оборудования или аппаратуры, импульсный режим работы оборудования, кратковременные контакты с заготовками и т. д.), проводимые в некотором количестве на некотором временном интервале  $T$  (например, во время рабочей смены).

Для оценки вероятностей возникновения факторов риска, связанных с выполнением таких операций за время  $T$ , представляется целесообразным использовать распределение Пуассона:

$$P(r) = \frac{(p_0 N)^r}{r!} \cdot e^{-p_0 N},$$

где  $P(r)$  – вероятность возникновения  $r$  «отказов» за время  $T$ ;  $N$  – количество выполняемых однотипных операций за время  $T$ ;  $p_0$  – экспертная оценка вероятности возникновения во время выполнения этой операции во нештатной ситуации, условно говоря, отказа (источник фактора риска).

В качестве оценки вероятности возникновения соответствующего фактора риска на временном промежутке  $T$  естественно взять вероятность хотя бы одного «отказа»  $1 - P(0)$ , т. е.

$$p = 1 - e^{-p_0 N}. \quad (3.1)$$

Для оценки вероятностей возникновения факторов риска, источниками которых могут быть устройства, работающие практически все время  $T$ , предлагается использовать экспоненциальное распределение с плотностью распределения вероятности времени безотказной работы

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t},$$

где  $\lambda$  – экспертная оценка интенсивности, условно говоря, отказов источника фактора риска соответствующего устройства. Тогда в качестве оценки вероятности возникновения за время  $T$  соответствующего фактора риска предлагается взять

$$p = 1 - P(t \geq T),$$

т. е. вероятность возникновения «отказа» за время  $T$ .

Так как

$$P(t \geq T) = \int_T^{+\infty} \lambda e^{-\lambda \tau} d\tau = e^{-\lambda T},$$

то соответствующая оценка имеет вид

$$p = 1 - e^{-\lambda T}. \quad (3.2)$$

И, наконец, если для какого-либо фактора риска возможна экспертная оценка времени его возникновения на временном промежутке  $T$ , то вероятность возникновения этого фактора риска можно оценить как

$$p = \frac{t}{T}, \quad (3.3)$$

где  $t$  – экспертная оценка суммарного времени появления фактора риска на временном промежутке  $T$ .

Заметим, что для ряда вредных факторов возможен вариант  $t = T$ , т. е.  $p = 1$ .

Пусть на временном промежутке  $T$  некоторый этап (технологический цикл) производства обслуживается  $n$  рабочими местами. Предположим, что для оценки вероятностей возникновения риска от производственных факторов технологического процесса на рабочие места на данном этапе выделены  $m$  факторов риска. В зависимости от динамических характеристик источников их возникновения оценим вероятности их возникновения с помощью формул (3.1)–(3.3) и обозначим соответствующие оценки через  $P_1, \dots, P_m$  ( $P_i$  – оценка вероятности возникновения  $i$ -го фактора риска).

Обозначим через  $t_{ij}$  ( $0 \leq t_{ij} \leq T$ ) экспертную оценку времени попадания  $j$ -го рабочего места ( $j = 1, \dots, n$ ) в зону воздействия  $i$ -го фактора риска ( $i = 1, \dots, m$ ) при условии его возникновения за время  $T$ . Тогда в качестве

оценки вероятности попадания  $j$ -го рабочего места в зону воздействия  $i$ -го фактора риска возьмем

$$q_{ij} = \frac{t_{ij}}{T}. \quad (3.4)$$

Обозначим через  $r_{ij}$  ( $0 \leq r_{ij} \leq 1$ ) экспертную оценку вероятностной меры негативного изменения возможностей работающего на  $j$ -м рабочем месте выполнять производственные функции вследствие возникновения  $i$ -го фактора риска и попадания  $j$ -го рабочего места в зону его воздействия. В качестве основных источников получения оценки  $r_{ij}$  предлагается следующее:

- 1) статистические данные или опыт эксплуатации соответствующих технологий (для действующих производств);
- 2) соответствующие нормативные документы (для проектируемых и действующих производств);
- 3) формула  $r_{ij} = \frac{c_{ij}}{C}$ , где  $c_{ij}$  – фактическая, условно говоря, концентрация  $i$ -го фактора риска на  $j$ -м рабочем месте;  $C$  – предельно допустимая его концентрация (для ряда вредных факторов, таких, например, как шум, вибрация, температурный режим и т. д.);
- 4)  $r_{ij} = 1$  для опасных факторов риска, результатом воздействия которых являются производственные травмы или смертельный исход.

В качестве оценки вероятности воздействия  $i$ -го фактора риска на  $j$ -е рабочее место предлагается взять число

$$P_{ij} = P_i \cdot q_{ij} \cdot r_{ij}, \quad (3.5)$$

где  $P_i$  – оценка вероятности возникновения на временном промежутке  $T$   $i$ -го фактора риска;  $q_{ij}$  вычисляется по формуле (3.4);  $r_{ij}$  оценивается на основании выбора указанных выше вариантов 1) – 4).

Таблицу

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & \cdots & P_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{m1} & \cdots & P_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

будем называть картой уровней рисков данного технологического процесса, обслуживаемого  $n$  рабочими местами, относительно данной группы  $m$  факторов риска на временном промежутке  $T$ . Отметим, что если в качестве факторов риска взять опасные факторы, то таблицу (3.6) естественно назвать картой опасности данного этапа производственного процесса. Если же в качестве факторов риска берутся вредные факторы, то таблицу (3.6) можно назвать картой вредности данного этапа технологического процесса. Карта уровней рисков (3.6) на временном промежутке  $N_c \cdot T$ , где  $N_c$  – количество рабочих смен длительности  $T$ , имеет вид:

$$P^{(N_c)} = \begin{bmatrix} P_{11}^{(N_c)} & \cdots & P_{1n}^{(N_c)} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{m1}^{(N_c)} & \cdots & P_{mn}^{(N_c)} \end{bmatrix}, \quad (3.7)$$

где  $P_{ij}^{(N_c)}$  вычисляется по формуле

$$P_{ij}^{(N_c)} = 1 - (1 - p_{ij})^{N_c}. \quad (3.8)$$

Пусть на основе соответствующих оценок по формуле (3.5) составлена карта риска (3.6) для данного технологического процесса относительно данной группы  $m$  факторов риска на временном промежутке  $T$ . Будем считать, что  $P_{ij} < 1$  для  $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ .

В качестве количественных оценок уровней рисков технологического процесса предлагается взять следующие характеристики:

1) вектор, определяющий оценки вероятностей воздействия каждого из данной группы факторов риска на производственный коллектив в целом

$$\bar{P}_f = (P_{f1}, \dots, P_{fm}), \quad (3.9)$$

в котором

$$P_{fi} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij}), \quad (3.10)$$

где  $P_{fi}$  – оценка вероятности воздействия  $i$ -го фактора риска ( $i = 1, \dots, m$ ) хотя бы на одно из  $n$  рабочих мест. Вектор  $\bar{P}_f$  (3.9) на временном промежутке  $N_c \cdot T$ , где  $N_c$  – количество рабочих смен длительностью  $T$ , имеет вид:

$$\bar{P}_f^{(N_c)} = (\bar{P}_{f1}^{(N_c)}, \dots, \bar{P}_{fm}^{(N_c)}), \quad (3.11)$$

где  $\bar{P}_{fi}^{(N_c)}$  вычисляется по формуле

$$P_{fi}^{(N_c)} = 1 - (1 - P_{fi})^{N_c}. \quad (3.12)$$

При этом, как и в (3.10),

$$P_{fi}^{(N_c)} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - p_{ij}^{(N_c)});$$

2) вектор, определяющий оценки уровней риска каждого из  $n$  рабочих мест относительно данной группы факторов риска;

3) вектор

$$\bar{P}_w = (P_{w_1}, \dots, P_{w_n}), \quad (3.13)$$

в котором

$$P_{w_j} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_{ij}), \quad (3.14)$$

где  $P_{w_j}$  – оценка вероятности воздействия хотя бы одного из данной группы факторов риска на  $j$ -е рабочее место.

Вектор  $\bar{P}_w$  (3.13) на временном промежутке  $N_c \cdot T$ , где  $N_c$  – количество рабочих смен длительностью  $T$ , имеет вид:

$$\bar{P}_w^{(N_c)} = (\bar{P}_{w_1}^{(N_c)}, \dots, \bar{P}_{w_n}^{(N_c)}), \quad (3.15)$$

где  $P_{w_j}^{(N_c)}$  вычисляется по формуле

$$P_{w_j}^{(N_c)} = 1 - (1 - P_{w_j})^{N_c}. \quad (3.16)$$

При этом, как и в (3.14),

$$P_{w_j}^{(N_c)} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_{ij}^{(N_c)}).$$

Таким образом, распределение компонент вектора  $\bar{P}_f$ , выраженное в абсолютном (формулы (3.10) или долевом отношении, позволяет оценить абсолютный или относительный уровень риска для данного рабочего коллектива относительно каждого из  $m$  факторов риска, а распределение компонент вектора  $\bar{P}_w$ , выраженное в абсолютном (формулы (3.14) или долевом отношении, позволяет оценить абсолютный или относительный уровень риска каждого из  $n$  рабочих мест относительно данной группы

факторов риска на временном промежутке  $T$ , а формулы (3.12) и (3.16) определяют эволюцию  $\bar{P}_f$  и  $\bar{P}_w$  во времени.

Отметим также, что если рассматриваемые факторы риска являются опасными (вредными) факторами, то вектор (3.9) оценивает уровни опасности (вредности) для данного производственного коллектива относительно каждого из них, а вектор (3.13) оценивает уровни опасности (вредности) рабочих мест относительно данной группы факторов риска на временном промежутке  $T$ .

В качестве общей (интегральной) характеристики уровня риска данного этапа производственного процесса, обслуживаемого  $i$  рабочими местами относительно данной группы  $m$  факторов риска на временном промежутке  $T$ , естественно взять число

$$\bar{P} = 1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij}), \quad (3.17)$$

которое является оценкой вероятности того, что хотя бы один фактор риска воздействует хотя бы на одно рабочее место на временном промежутке  $T$ .

Эту же оценку можно получить, используя компоненты векторов (3.9) и (3.13), поскольку согласно формулам (3.10) и (3.14) выполняются равенства:

$$\bar{P} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_{f_i}), \quad (3.18)$$

$$\bar{P} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{w_j}). \quad (3.19)$$

Уровень риска  $\bar{P}$  данного этапа технологического процесса на временном промежутке  $N_c \cdot T$ , где  $N_c$  – количество рабочих смен длительностью  $T$ , определяется следующим образом:

$$\bar{P}^{(N_c)} = 1 - (1 - \bar{P})^{N_c}, \quad (3.20)$$

при этом, как и в (3.17), (3.18), (3.19),

$$\bar{P}^{(N_c)} = 1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - p_{ij}^{(N_c)}),$$

$$\bar{P}^{(N_c)} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_{f_i}^{(N_c)}),$$

$$\bar{P}^{(N_c)} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - P_{w_j}^{(N_c)}).$$

Наконец, формула (3.20) позволяет оценить эволюцию  $\bar{P}$  во времени.

При решении проблем управления безопасностью технологических процессов достаточно важными представляются вопросы:

1. На сколько снизится общий уровень риска  $\bar{P}$ , если удалось снизить некоторые элементы  $P_{ij}$  карты уровней рисков.
2. Какие из элементов  $P_{ij}$  карты уровней рисков и на сколько нужно снизить, чтобы добиться снижения общего уровня риска  $\bar{P}$  на заданную величину.

Для получения зависимости изменения общего уровня риска  $\bar{P}$  от изменений элементов карты уровней рисков  $P_{ij}$  воспользуемся следующим хорошо известным фактом из математического анализа: для функции  $f(x_1, \dots, x_N)$  в точке  $M_0(x_1^{(0)}, \dots, x_N^{(0)})$  справедливо приближенное равенство

$$f(x_1^{(0)} + \Delta x_1, \dots, x_N^{(0)} + \Delta x_N) - f(x_1^{(0)}, \dots, x_N^{(0)}) \approx \left. \frac{\partial f}{\partial x_1} \right|_{M_0} \cdot \Delta x_1 + \dots + \left. \frac{\partial f}{\partial x_N} \right|_{M_0} \cdot \Delta x_N$$

(правая часть равенства – полный дифференциал функции  $f(x_1, \dots, x_N)$  в точке  $M_0$ ). Порядок ошибки этого равенства можно оценить как  $\max_i ((\Delta x_i)^2)$ .

В нашем случае рассмотрим  $\bar{P}$  как функцию  $N = m \cdot n$  переменных

$$f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{mn}) = 1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - x_{ij}),$$

для которой

$$\frac{\partial f}{\partial x_{ij}} = \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m \prod_{\substack{s=1 \\ s \neq j}}^n (1 - x_{ks}).$$

Вычислим  $\frac{\partial f}{\partial x_{ij}}$  в точке  $M_0(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{mn})$ , используя равенство (3.17):

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x_{ij}} \right|_{M_0} = \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m \prod_{\substack{s=1 \\ s \neq j}}^n (1 - P_{ks}) = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}}.$$

Пусть  $\Delta P_{ij} \geq 0$ . Тогда

$$f(P_{11} - \Delta P_{11}, P_{12} - \Delta P_{12}, \dots, P_{mn} - \Delta P_{mn}) - f(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{mn}) \approx \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}} \cdot (-\Delta P_{ij}).$$

Отсюда, обозначив через  $\bar{P}_H$  общий уровень риска при уменьшении  $P_{ij}$  на величину  $\Delta P_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ), получаем формулу

$$\Delta P = P - \bar{P}_H \approx \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}} \cdot (\Delta P_{ij}). \quad (3.21)$$

Порядок ошибки формулы —  $\max_{ij} ((\Delta P_{ij})^2)$ .

Это соотношение позволяет количественно анализировать следующие ситуации:

1. Оценить величину снижения общего уровня риска при уменьшении вероятностей возникновения факторов риска (изменение технологических параметров производства) и (или) при уменьшении вероятностей попадания работающих в зону их воздействия (изменение организации эксплуатации соответствующих технологических процессов).

2. Оценить величину снижения вероятности воздействия какого-либо  $i$ -го фактора риска на  $j$ -е рабочее место (если есть такая возможность) с целью снижения общего уровня риска на заданную величину  $\Delta \bar{P}$ , используя формулу

$$\Delta P_{ij} \approx \frac{1 - P_{ij}}{1 - \bar{P}} \cdot \Delta \bar{P}. \quad (3.22)$$

Рассмотрим более подробно пример расчета электроимпульсного технологического процесса при операции сборки неразъемного соединения (трубчатого узла) (используем формулы 3.21 и 3.22).

### *Пример 1*

Технологический процесс – сборка неразъемного соединения (изделия) с помощью пластического деформирования его деталей энергией импульсного магнитного поля (ИМП). Оборудование – установка, генерирующая энергию ИМП. Инструмент – индуктор, в который устанавливают собираемые детали изделия, к которому в момент сборки подается энергия ИМП.

Время  $T$ , в течение которого оценивается воздействие факторов риска, – 8 часов (рабочая смена), количество работающих – 2 (оператор, слесарь-наладчик), количество изготавляемых за смену изделий – 200.

Выделим для анализа следующие факторы риска:

- 1)  $f_1$  – опасный фактор: фрагменты индуктора, образующиеся при его разрушении, экспертная оценка количества возможных разрушений – 1 случай на 800 разрядов;
- 2)  $f_2$  – опасный фактор: возникновение ситуаций, при которых происходит замыкание электрической цепи через тело человека, – 1 случай на 2000 часов работы.

В качестве экспертных оценок времени попадания рабочих мест (оператора, слесаря-наладчика) в зону воздействия факторов риска при условии их возникновения возьмем следующие оценки:

- 1) фактор риска  $f_1$ : для оператора – 0,01 % времени рабочей смены; для слесаря-наладчика – 0,03 % времени рабочей смены;
- 2) фактор риска  $f_2$ : для оператора – 10 % времени рабочей смены; для слесаря-наладчика – 5 % времени рабочей смены.

Вычислим карту уровней рисков технологической операции относительно факторов риска  $f_1, f_2 (m = 2)$  на временном промежутке  $T = 8$  часов для рабочих мест  $w_1, w_2$  (оператор, слесарь-наладчик,  $n = 2$ ).

Оценку вероятности возникновения фактора риска  $f_1$  вычислим по формуле  $p_1 = 1 - e^{-Np_0}$ , взяв, согласно исходным данным,  $N = 200$ ,  $p_0 = 1/800$ :

$$p_1 \approx 1 - e^{-0,25} \approx 0,221199.$$

Оценку вероятности возникновения фактора риска  $f_2$  вычислим по формуле  $p_2 = 1 - e^{-\lambda T}$ , взяв, согласно исходным данным,  $\lambda = 1/2000$ ,  $T = 8$ :

$$p_2 \approx 1 - e^{-0,004} \approx 0,003992.$$

Оценки вероятности попадания рабочих мест  $w_1, w_2$  в зону действия факторов риска  $f_1, f_2$  (в случае их возникновения) согласно исходным данным будут

$$q_{11} = 0,00001, \quad q_{12} = 0,0003, \quad q_{21} = 0,1, \quad q_{22} = 0,05.$$

Вычислим по формуле (3.17) карту уровней рисков выполнения рассматриваемой технологической операции за время рабочей смены  $T$  ( $P_{ij} = p_i q_{ij}$ ):

$$P = \begin{bmatrix} 0,000022 & 0,000066 \\ 0,000399 & 0,000199 \end{bmatrix}.$$

Общий уровень риска, согласно формуле (3.17), будет

$$\bar{P} = 1 - \prod_{i=1}^2 \prod_{j=1}^2 (1 - P_{ij}) = 0,000686.$$

Вычислим коэффициенты  $\frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}}$  в формуле (3.21):

$$\frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{11}} \approx 0,959336, \quad \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{12}} \approx 0,959380, \quad \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{21}} \approx 0,959713, \quad \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{22}} \approx 0,959513.$$

Таким образом, в нашем случае формула (3.21) имеет вид

$$\Delta \bar{P} = 0,959336 \cdot \Delta P_{11} + 0,959380 \cdot \Delta P_{12} + 0,959719 \cdot \Delta P_{21} + 0,959513 \cdot \Delta P_{22}. \quad (3.22a)$$

Итак, по примеру 1, снижение производственного риска операции сборки трубчатого узла (неразъемного соединения) за счет применения электроимпульсной технологии возможно на величину, определяемую по формуле (3.22а).

Рассмотрим примеры определения снижения общего уровня риска при изменении аспектов технологических процессов.

### Пример 2

На сколько снизится общий уровень риска (уровень опасности) указанной технологической операции, если надежность индуктора увеличить в два раза (оценка возможности разрушения – 1 случай на 1600 разрядов)?

В этом случае

$$p_I^{(H)} = 1 - e^{-200 \cdot (1/1600)} \approx 1 - e^{-0,125} \approx 0,117503.$$

В новой карте уровней рисков будет

$$P_{I1}^{(H)} = p_I^{(H)} \cdot q_{11} = 0,000012, \quad P_{I2}^{(H)} = p_I^{(H)} \cdot q_{12} = 0,000035,$$

при этом

$$\Delta P_{11} = P_{11} - P_{I1}^{(H)} = 0,00001, \quad \Delta P_{12} = P_{12} - P_{I2}^{(H)} = 0,000031, \quad \Delta P_{21} = \Delta P_{22} = 0.$$

По формуле (3.22а) получаем

$$\Delta \bar{P} = 0,959336 \cdot 0,00001 + 0,959380 \cdot 0,000031 = 0,000039,$$

что составляет 5,7 % общего уровня риска, то есть уровень опасности снижается на 5,7 %.

### Пример 3

На сколько снизится общий уровень риска, если производительность труда снизить на 10 % (вместо 200 изделий изготавливать 180)?

В этом случае

$$p_1^{(H)} = 1 - e^{-180 \cdot (1/800)} \approx 1 - e^{-0,225} \approx 0,201484.$$

В новой карте уровней рисков будет

$$P_{11}^{(H)} = p_1^{(H)} \cdot q_{11} = 0,00002, \quad P_{12}^{(H)} = p_1^{(H)} \cdot q_{12} = 0,00006,$$

при этом

$$\Delta P_{11} = P_{11} - P_{11}^{(H)} = 0,000002, \quad \Delta P_{12} = P_{12} - P_{12}^{(H)} = 0,000006, \quad \Delta P_{21} = \Delta P_{22} = 0.$$

По формуле (3.22а) получаем

$$\Delta \bar{P} = 0,959336 \cdot 0,000002 + 0,959380 \cdot 0,000006 = 0,000006,$$

что составляет 0,85 % общего уровня риска, то есть уровень опасности снизится на 0,85 %.

### Пример 4

На сколько снизится общий уровень риска, если вероятность поражения электрическим током для оператора снизить в 2 раза?

В этом случае

$$P_{21}^{(H)} = 0,5 \cdot p_{21} = 0,0001995, \quad \Delta P_{21} = P_{21} - P_{21}^{(H)} = 0,0001995, \quad \Delta P_{11} = \Delta P_{12} = \Delta P_{22} = 0.$$

По формуле (3.22а) получаем

$$\Delta \bar{P} = 0,959713 \cdot 0,0001995 = 0,0001915,$$

что составляет 27,9 % общего уровня риска, т. е. уровень опасности снизится на 27,9 %.

*Пример 5*

На сколько снизится общий уровень риска, если вероятность поражения электрическим током для слесаря-наладчика снизить в 2 раза?

В этом случае

$$P_{22}^{(H)} = 0,5 \cdot p_{22} = 0,0001, \quad \Delta P_{22} = P_{22} - P_{22}^{(H)} = 0,0001, \quad \Delta P_{11} = \Delta P_{12} = \Delta P_{21} = 0.$$

По формуле (3.22а) получаем

$$\Delta \bar{P} = 0,959513 \cdot 0,0001 = 0,000096,$$

что составляет 14 % общего уровня риска, т. е. уровень опасности снизится на 14 %.

*Пример 6*

Предположим, что необходимо снизить общий уровень риска  $\bar{P} = 0,000686$  на 10 %, т. е.  $\Delta \bar{P} = 0,000068$ .

По формуле (3.22) получаем

$$\Delta P_{11} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{11}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00071, \quad \Delta P_{12} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{12}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,000071, \\ \Delta P_{21} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{21}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,000070, \quad \Delta P_{22} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{22}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,000070.$$

Сравнение  $\Delta P_{11}$ ,  $\Delta P_{12}$  с  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  соответственно показывает, что снижением вероятностей воздействия фактора риска  $f_1$  на рабочие места  $w_1$ ,  $w_2$  добиться такого снижения общего уровня риска невозможно.

Сравнение  $\Delta P_{21}$ ,  $\Delta P_{22}$  с  $P_{21}$ ,  $P_{22}$  показывает, что для снижения общего уровня риска необходимо снизить вероятность воздействия фактора риска  $f_2$  на рабочее место  $w_1$  на 17 % или снизить вероятность воздействия  $f_2$  на рабочее место  $w_2$  на 35,2 %.

Производственные риски связаны с возможными экономическими потерями на предприятиях. Определив величину производственного риска, можно дать и количественную оценку возможных экономических потерь. Соответственно снижение рисков может привести к снижению возможных экономических потерь, что в условиях рыночной экономики является важным аспектом хозяйствования субъектов экономики России.

### 3.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Экономические потери, связанные с воздействием риска от производственных факторов технологических процессов на рабочие места, являются случайными величинами, значения которых зависят от исходов их воздействия.

Пусть на временном промежутке  $T$  задана карта уровней рисков  $P = (P_{ij})$  (3.6) данного этапа технологического процесса и таблица экспертных оценок экономических потерь

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}, \quad (3.23)$$

в которой  $c_{ij}$  – экспертная оценка экономических потерь (в некоторых единицах) от воздействия  $i$ -го фактора риска на  $j$ -е рабочее место, т. е.

в случае, когда событие, вероятность  $P_{ij}$  которого оценивается по формуле (3.5), произошло.

Для каждого  $i=1, \dots, m$  обозначим через  $X_i$  случайную величину экономических потерь, значения которой зависят от воздействия  $i$ -го фактора риска на  $n$  рабочих мест, обслуживающих производственный процесс в целом. Иначе говоря, случайные величины  $X_1, \dots, X_m$  – это случайные величины экономических потерь от воздействия соответствующих факторов риска на производственный коллектив в целом.

Для построения области определения каждой  $X_i$  возьмем множество

$$\Omega^{(n)} = \left\{ \omega = \{x_1, \dots, x_n\} \mid x_j \in \{0, 1\} \right\},$$

в котором исход  $\omega = (x_1, \dots, x_n)$  интерпретируется следующим образом:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й фактор риска оказал воздействие на } j\text{-е рабочее} \\ & \text{место;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Для любого множества индексов  $J = \{j_1, \dots, j_r\}$ , где  $j_1 < \dots < j_r$ ,  $j_k \in \{\overline{1, n}\}$ , обозначим через  $\omega(J)$  исход  $\omega(J) = (x_1, \dots, x_n)$ , в котором  $x_j = 1$ , если  $j \in J$ , и  $x_j = 0$ , если  $j \notin J$ .

Теперь, в предположении независимости воздействия факторов риска на рабочие места, можно определить вероятностные пространства (области определения  $X_i$ )

$$\Omega_{f_i} = (\Omega^{(n)}, \bar{p}_{f_i}),$$

в которых вероятности исходов вычисляются по формуле

$$\bar{p}_{f_i}(\omega(J)) = \prod_{j \in J} p_{ij} \prod_{j \notin J} (1 - p_{ij}). \quad (3.24)$$

Обозначим  $i$ -ю строку таблицы экономических потерь  $C$  (1.23) через  $\bar{c}_i = (c_{i1}, \dots, c_{in})$  и для  $\omega = (x_1, \dots, x_n)$  из  $\Omega^{(n)}$  – через  $(\bar{c}_i, \omega) = c_{i1}x_1 + \dots + c_{in}x_n$ .

Случайные величины  $X_i$  экономических потерь от воздействия  $i$ -го фактора риска на рабочий коллектив в целом могут быть смоделированы следующим образом:

$$X_i = (\bar{c}_i, \omega) \text{ с вероятностью } \bar{p}_{f_i}(\omega), \quad (3.25)$$

где  $\bar{p}_{f_i}(\omega)$  вычисляется по формуле (3.24).

Средние экономические потери  $\bar{X}_i$  от воздействия  $i$ -го фактора риска на производственный коллектив в целом вычисляются как математические ожидания  $X_i$  по формуле

$$\bar{X}_i = \sum_{\omega \in \Omega^{(n)}} (\bar{c}_i, \omega) \bar{p}_{f_i}(\omega), \quad i=1, \dots, m. \quad (3.26)$$

Распределение значений  $\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_m$ , выраженное в абсолютном (формулы (3.26) или долевом отношении, позволяет оценить средние экономические потери от воздействия каждого из  $m$  рассматриваемых факторов риска на рабочий коллектив в целом на временном промежутке  $T$ .

Для каждого  $j=1, \dots, n$  обозначим через  $Y_j$  случайную величину экономических потерь, значения которой зависят от воздействия на  $j$ -е рабочее место всей группы рассматриваемых факторов риска. Иначе говоря, случайные величины  $Y_1, \dots, Y_n$  – случайные величины экономических потерь на соответствующих рабочих местах от воздействия всей группы рассматриваемых факторов риска.

Для построения области определения каждой  $Y_j$  возьмем множество

$$\Omega^{(m)} = \left\{ \omega = \{x_1, \dots, x_m\} \mid x_j \in \{0, 1\} \right\}, \quad (3.27)$$

в котором исход  $\omega = (x_1, \dots, x_m)$  интерпретируется следующим образом:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если на } j\text{-е рабочее место оказал воздействие} \\ & \text{ } i\text{-й фактор риска;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Для любого множества индексов  $I = \{i_1, \dots, i_r\}$ , где  $i_1 < \dots < i_r$ ,  $i_k \in \{1, 2, \dots, m\}$ , обозначим через  $\omega(I)$  исход  $\omega(I) = (x_1, \dots, x_m)$ , в котором  $x_i = 1$ , если  $i \in I$ , и  $x_i = 0$ , если  $i \notin I$ .

Теперь можно определить вероятностные пространства (области определения  $Y_j$ )

$$\Omega_{w_j} = (\Omega^{(m)}, \bar{p}_{w_j}), \quad (3.28)$$

в которых вероятности исходов вычисляются по формуле

$$\bar{p}_{w_j}(\omega(I)) = \prod_{i \in I} p_{ij} \prod_{i \notin I} (1 - p_{ij}). \quad (3.29)$$

Обозначим  $j$ -й столбец таблицы экономических потерь  $c$  (3.23) через  $\bar{c}_j = (c_{1j}, \dots, c_{mj})$  и для  $\omega = (x_1, \dots, x_m)$  из  $\Omega^{(m)}$  — через  $(\bar{c}_j, \omega) = c_{1j}x_1 + \dots + c_{mj}x_m$ .

Таким образом, случайные величины экономических потерь  $Y_j$  от воздействия на  $j$ -е рабочее место всей группы рассматриваемых факторов риска могут быть смоделированы следующим образом:

$$Y_j = (\bar{c}_j, \omega) \text{ с вероятностью } \bar{p}_{w_j}(\omega), \quad (3.30)$$

где  $\bar{p}_{w_j}(\omega)$  вычисляется по формуле (3.29).

Средние экономические потери  $\bar{Y}_j$  от воздействия на  $j$ -е рабочее место всей группы рассматриваемых факторов риска вычисляются как математические ожидания  $Y_j$  по формулам:

$$\bar{Y}_j = \sum_{\omega \in \Omega^{(m)}} (\bar{c}_j, \omega) \bar{p}_{w_j}(\omega), \quad j = 1, \dots, n. \quad (3.31)$$

Распределение значений  $\bar{Y}_1, \dots, \bar{Y}_n$ , выраженное в абсолютном (формулы (3.31) или в долевом отношении, позволяет оценить средние экономические потери от воздействия всей группы рассматриваемых факторов риска на каждое из  $n$  рабочих мест, обслуживающих данный этап технологического процесса на временном промежутке  $T$ .

И, наконец, оценка среднего значения суммарных потерь за время  $T$  имеет вид

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^m \bar{X}_i = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_j = \bar{Y}. \quad (3.32)$$

Оценка среднего значения потерь за время  $N_c \cdot T$ , где  $N_c$  – количество рабочих смен длительностью  $T$ , будет

$$\bar{X}^{(N_c)} = Y^{(N_c)} = N_c \bar{X} = N_c \bar{Y}.$$

### Пример 7

Время  $T$ , в течение которого оценивается воздействие факторов риска, – 8 часов (рабочая смена), количество работающих – 2 человека (оператор, слесарь-наладчик), количество изготавляемых за смену изделий – 200 штук.

С учетом особенностей технологической операции выделим для анализа следующие факторы риска:

1)  $f_1$  – опасный фактор: фрагменты индуктора, образующиеся при его разрушении (осколки крепления, бандажа, токопровода, главной и межвитковой изоляции и т. д.), экспертная оценка количества возможных разрушений – 1 на 800 разрядов;

2)  $f_2$  – опасный фактор: поражение электрическим током (источник – возникновение ситуаций, при которых происходит замыкание элек-

трической цепи через тело человека), экспертная оценка – 1 случай за 2000 часов работы;

3)  $f_3$  – вредный фактор: наличие постоянного электромагнитного поля, обусловленного работой магнитно-импульсной установки, экспертная оценка – 75 % времени рабочей смены  $T$ .

В качестве экспертных оценок времени попадания рабочих мест (оператора, слесаря-наладчика) в зону воздействия факторов риска при условии их возникновения возьмем следующие значения (табл. 3.1):

Таблица 3.1

**Исходные данные для оценки вероятностей воздействия факторов риска**

Рабочее место	Факторы риска		
	$f_1$	$f_2$	$f_3$
Оператор	0,01 % времени $T$	10 % времени $T$	50 % времени $T$
Слесарь-наладчик	0,03 % времени $T$	5 % времени $T$	10 % времени $T$

Для определения средних потерь от воздействия факторов риска  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  возьмем следующий вариант экспертных оценок потерь от воздействия рассматриваемых факторов риска на рабочие места (в некоторых условных единицах) (табл. 3.2):

Таблица 3.2

**Исходные данные для оценки потерь**

Рабочее место	Факторы риска		
	$f_1$	$f_2$	$f_3$
Оператор	8	0,4	0,25
Слесарь-наладчик	1	6	0,05

Вычислим карту уровней рисков технологической операции относительно факторов риска  $f_1, f_2, f_3$  ( $m = 3$ ) на временном промежутке  $T = 8$  часов для рабочих мест оператора, слесаря-наладчика ( $n = 2$ ).

Значение вероятности возникновения фактора риска  $f_1$  вычислим по формуле (3.1), взяв, согласно исходным данным,  $N = 200$ ,  $p_0 = 1/800 = 0,00125$ :

$$p_1 = 1 - e^{-0,00125 \cdot 200} = 1 - e^{-0,25} = 0,22119921.$$

Значение вероятности возникновения фактора риска  $f_2$  вычислим по формуле (3.2), взяв, согласно исходным данным,  $\lambda = 1/2000 = 0,0005$ ,  $T = 8$ :

$$p_2 = 1 - e^{-0,0005 \cdot 8} = 1 - e^{-0,004} = 0,00399201.$$

Значение вероятности возникновения фактора риска  $f_3$ , полученное в результате оценки, будет, согласно исходным данным:

$$p_3 = 0,75.$$

Оценку вероятности попадания рабочих мест в зону воздействия факторов риска (в случае их возникновения) проведем на основе данных табл. 3.1 по формуле (3.4).

Вероятности попадания в зону воздействия  $f_1$  для оператора и слесаря-наладчика будут соответственно:  $q_{11} = 0,0001$ ,  $q_{12} = 0,0003$ .

Вероятности попадания в зону воздействия  $f_2$  для оператора и слесаря-наладчика будут соответственно:  $q_{21} = 0,1$ ,  $q_{22} = 0,04$ .

Для оценки вероятности попадания рабочих мест в зону воздействия  $f_3$  вычислим, согласно табл. 3.1, время попадания в зону воздействи-

вия  $f_3$  для оператора  $t_{31} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 8 = 3$  (часа) и слесаря-наладчика  $t_{31} = 0,1 \cdot 0,75 \cdot 8 = 0,6$  (часа). Теперь по формуле (3.4)

$$q_{31} = 3/8 = 0,375, \quad q_{32} = 0,6/8 = 0,074.$$

Так как факторы риска  $f_1$  и  $f_2$  являются опасными факторами, то в качестве вероятностной меры последствий их воздействия на оба рабочих места возьмем максимальные возможные оценки

$$r_{11} = r_{12} = r_{21} = r_{22} = 1.$$

Для вредного фактора  $f_3$  в качестве соответствующих оценок для оператора и слесаря-наладчика возьмем варианты оценок

$$r_{31} = 5/356 = 0,013699, \quad r_{32} = 1/365 = 0,00274,$$

полученных в результате исследований по уменьшению продолжительности жизни (несколько дней на год жизни) работающих в зоне воздействия фактора  $f_3$ .

Теперь по формуле (3.5) составим карту уровней рисков выполнения рассматриваемой технологической операции за время рабочей смены  $T$ :

$$P = \begin{bmatrix} 0,000022 & 0,000066 \\ 0,000399 & 0,000199 \\ 0,003853 & 0,000154 \end{bmatrix}. \quad (3.33)$$

Компоненты вектора  $\bar{P}_f = (\bar{P}_{f_1}, \bar{P}_{f_2}, \bar{P}_{f_3})$ , определяющие значения вероятностей воздействия рассматриваемых факторов риска  $f_1, f_2, f_3$  на работающий коллектив, определяются по формуле (3.10):

$$P_{f_1} = 1 - (1 - p_{11})(1 - p_{12}) = \underline{0,000088},$$

$$P_{f_2} = 1 - (1 - p_{21})(1 - p_{22}) = \underline{0,000598},$$

$$P_{f_3} = 1 - (1 - p_{31})(1 - p_{32}) = \underline{0,004006}.$$

Таким образом, вектор  $\bar{P}_f$  имеет вид

$$\bar{P}_f = (0,000088, 0,000598, 0,004006).$$

Компоненты вектора  $\bar{P}_w = (\bar{P}_{w_1}, \bar{P}_{w_2})$ , определяющие значения вероятностей воздействия группы факторов риска на каждое из рабочих мест (уровни риска рабочих мест относительно рассматриваемой группы факторов риска), определяются по формуле (3.14):

$$P_{w_1} = 1 - (1 - p_{11})(1 - p_{12})(1 - p_{31}) = \underline{0,004272},$$

$$P_{w_2} = 1 - (1 - p_{21})(1 - p_{22})(1 - p_{32}) = \underline{0,000419}.$$

Таким образом, вектор  $\bar{P}_w$  имеет вид:

$$\bar{P}_w = (0,004272; 0,000419).$$

И, наконец, значение уровня риска выполнения рассматриваемой технологической операции относительно факторов риска  $f_1, f_2, f_3$  для всего рабочего коллектива за время  $T$ , определяемое по формулам (3.17)–(3.19), будет

$$\bar{P} = 1 - \prod_{i=1}^3 \prod_{j=1}^2 (1 - p_{ij}) = 1 - \prod_{i=1}^3 (1 - P_{f_i}) = 1 - \prod_{j=1}^2 (1 - P_{w_j}) = 0,004689.$$

Для оценки средних потерь за время  $T$  используем законы распределения случайных величин  $X_1, X_2, X_3$  – потерь от воздействия факторов

риска  $f_1, f_2, f_3$  соответственно на рабочий коллектив в целом (табл. 3.3, 3.4, 3.5).

Таблица 3.3

**Закон распределения случайной величины  $X_1$**

Исход $\omega$	(0;0)	(0;1)	(1;0)	(1;1)
$X_1$	0	1	8	9
$P$	0,999912	0,000066	0,000022	$14 \cdot 10^{-9} (\approx 0)$

Вероятности наступления соответствующих исходов вычислены по формуле (3.24):

$$\begin{aligned} (1 - p_{11})(1 - p_{12}) &= 0,999912, \\ (1 - p_{11})p_{12} &= 0,000066, \\ p_{11}(1 - p_{12}) &= 0,000022, \\ p_{11}p_{12} &= 0,0000000014. \end{aligned}$$

Таблица 3.4

**Закон распределения случайной величины  $X_2$**

Исход $\omega$	(0;0)	(1;0)	(0;1)	(1;1)
$X_2$	0	0,4	6	6,4
$P$	0,999402	0,000399	0,000199	$79 \cdot 10^{-8} (\approx 0)$

Вероятности в последней строке вычислены по формуле (3.24):

$$\begin{aligned} (1 - p_{21})(1 - p_{22}) &= 0,999402, \\ p_{21}(1 - p_{22}) &= 0,000399, \\ (1 - p_{21})p_{22} &= 0,000199, \\ p_{12}p_{22} &= 0,000000079. \end{aligned}$$

Таблица 3.5

**Закон распределения случайной величины  $X_3$**

Исход $\omega$	(0;0)	(0;1)	(1;0)	(1;1)
$X_3$	0	0,05	0,25	0,3
$P$	0,995994	0,000153	0,003852	0,000001

Вероятности исходов вычислены по формуле (3.24):

$$\begin{aligned} (1-p_{31})(1-p_{32}) &= 0,995994, \\ (1-p_{31})p_{32} &= 0,000153, \\ p_{31}(1-p_{32}) &= 0,003852, \\ p_{31}p_{32} &= 0,000001. \end{aligned}$$

Средние потери за время  $T$  от воздействия факторов риска  $f_1, f_2, f_3$  на рабочий коллектив (математические ожидания случайных величин  $X_1, X_2, X_3$ ) соответственно будут (формула (3.26)):

$$\bar{X}_1 = 0 \cdot 0,999912 + 1 \cdot 0,000066 + 8 \cdot 0,000022 + 9 \cdot 14 \cdot 10^{-9} = 0,000242;$$

$$\bar{X}_2 = 0 \cdot 0,999402 + 0,4 \cdot 0,000399 + 6 \cdot 0,000199 + 6,4 \cdot 79 \cdot 10^{-8} = 0,001354;$$

$$\bar{X}_3 = 0 \cdot 0,995994 + 0,05 \cdot 0,000153 + 0,25 \cdot 0,003852 + 0,3 \cdot 0,000001 = 0,000971.$$

Для оценки средних потерь за время  $T$  от воздействия всей группы факторов  $f_1, f_2, f_3$  на каждое рабочее место в отдельности используем законы распределения случайных величин  $Y_1$  и  $Y_2$  (табл. 3.6, 3.7).

Таблица 3.6

Законы распределения случайной величины  $Y_1$

Исход $\omega$	(0;0;0)	(0;0;1)	(0;1;0)	(1;0;0)
$Y_1$	0	0,25	0,4	8
$P$	0,995728	0,003851	0,000397	0,000022
Исход $\omega$	(0;1;1)	(1;0;1)	(1;1;0)	(1;1;1)
$Y_1$	0,65	8,25	8,4	8,65
$P$	0,000002	$8 \cdot 10^{-8} (\approx 0)$	$9 \cdot 10^{-9} (\approx 0)$	$3 \cdot 10^{-11} (\approx 0)$

Вероятности исходов вычислены по формуле (3.29):

$$p_{11}(1-p_{21})(1-p_{31}) = 0,000022,$$

$$(1-p_{11})(1-p_{21})(1-p_{31}) = 0,995728, \quad (1-p_{11})p_{21}p_{31} = 0,000002,$$

$$(1-p_{11})(1-p_{21})p_{31} = 0,003851, \quad p_{11}(1-p_{21})p_{31} = 0,00000008,$$

$$(1-p_{11})p_{21}(1-p_{31}) = 0,000397, \quad p_{11}p_{21}(1-p_{31}) = 0,000000009,$$

$$p_{11}p_{21}p_{31} = 0,000000003.$$

Таблица 3.7

### Законы распределения случайной величины $Y_2$

Исход $\omega$	(0;0;0)	(0;0;1)	(1;0;0)	(0;1;0)
$Y_2$	0	0,05	1	6
$P$	0,999581	0,000154	0,000066	0,000199
Исход $\omega$	(1;0;1)	(0;1;1)	(1;1;0)	(1;1;1)
$Y_2$	1,05	6,05	7	7,05
$P$	$10^{-8}(\approx 0)$	$3 \cdot 10^{-8}(\approx 0)$	$10^{-8}(\approx 0)$	$10^{-12}(\approx 0)$

Вероятности исходов вычислены по формуле (3.29):

$$(1 - p_{12})(1 - p_{22})(1 - p_{32}) = 0,999581,$$

$$(1 - p_{21})(1 - p_{22})p_{32} = 0,000154,$$

$$p_{12}(1 - p_{22})(1 - p_{32}) = 0,000066,$$

$$(1 - p_{12})p_{22}(1 - p_{32}) = 0,000199,$$

$$p_{12}(1 - p_{22})p_{32} = 0,00000001,$$

$$(1 - p_{12})p_{22}p_{32} = 0,00000003,$$

$$p_{12}p_{22}(1 - p_{32}) = 0,00000001,$$

$$p_{11}p_{22}p_{32} = 10^{-12}.$$

Средние потери за время  $T$  от воздействия всей группы факторов на каждое из рабочих мест (математические ожидания случайных величин  $Y_1$  и  $Y_2$ ) соответственно будут (формула (3.31)):

$$\bar{Y}_1 = 0,001299, \bar{Y}_2 = 0,001268.$$

Оценка средних суммарных потерь за время  $T$  будет

$$\bar{X} = \bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 = \bar{Y} = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2 = 0,002567.$$

Таким образом, определив количественные оценки возможных экономических потерь, связанных с описанными производственными рисками за время  $T$ , можно прогнозировать средние потери предприятия. В данном случае их величина составляет 0,002567 денежных единиц.

Внедряя системы защиты от производственных рисков, тем самым повышая безопасность производственных процессов, а значит, снижая вероятность событий (факторов риска)  $f_1, f_2, f_3$ , мы изменяем вероятность наступления соответствующих исходов  $\omega$ . Таким образом можно прогнозировать снижение возможных экономических потерь предприятия ( $\Delta\bar{X}, \Delta\bar{Y}$ ) и оценивать эффективность различных систем защиты от производственных рисков, тем самым решая задачи оптимизации снижения уровней производственных рисков.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА**

1. Какие источники возникновения профессиональных рисков вы знаете?
2. Назовите параметры, влияющие на величину производственного риска.
3. Объясните различия между вредными и опасными производственными факторами риска на рабочем месте.
4. От чего зависит продолжительность воздействия опасных и вредных факторов производственного риска?
5. От чего зависит вероятность наступления неблагоприятного события на рабочем месте?
6. Как можно сократить возможные потери при неблагоприятных производственных ситуациях?

## 4. ПРАКТИКУМ

### 4.1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### «РАСЧЕТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА»

**Цель работы:** определить величину индивидуального профессионального риска с учетом условий труда и состояния здоровья работника.

Для определения величины индивидуального профессионального риска будем использовать методику, разработанную НИИ медицины труда РАМН совместно с Клинским институтом охраны труда и предложенную в 2011 г. в виде методических рекомендаций «Расчет индивидуального профессионального риска (ИПР) с учетом условий труда и состояния здоровья работника».

#### Порядок выполнения работы

1. Изучить главу 2 настоящего учебного пособия.
2. Выбрать исходные данные (прил. Б).
3. Определить суммарную вредность на рабочем месте ( $B_{\Phi}$ ) по формуле (4.2).
4. Определить сумму баллов на рабочем месте для всех производственных факторов, которые условно приводятся к допустимому классу по формуле (4.3).
5. Определить показатель вредности условий труда для работника ( $ПВ$ ) с учетом числа факторов по формуле (4.1).
6. Определить показатель риска травмирования работника на рабочем месте ( $PT$ ) по табл. 4.3. Для этого использовать МОР (табл. 2.3 и 2.4).
7. Определить защищенность работника средствами индивидуальной защиты ( $O3$ ) и значение ранга для рабочего места по табл. 4.3.
8. Рассчитать интегральную оценку условий труда ( $ИОУТ$ ) по вредности и опасности условий труда на рабочем месте по формуле (4.4).
9. Определить группу диспансеризации и показатель состояния здоровья работника (3) по табл. 4.5.

10. Определить показатель возраста ( $B$ ) и показатель стажа ( $C$ ) работника по табл. 4.6.
11. Определить показатель травматизма ( $P_T$ ) по формуле (2.15).
12. Определить индивидуальный профессиональный риск ( $ИПР$ ) работника по формулам (2.13) и (2.14).
13. Сделать выводы.
14. Ответить на контрольные вопросы.

### Пример расчета

#### Исходные данные

За истекший год на рабочем месте электрогазосварщика имелись два случая травматизма. В обоих случаях временная утрата трудоспособности не превышала одного месяца. На рабочем месте за истекший год не было зарегистрировано случаев профзаболеваний. Личная карточка учета выдачи СИЗ для электрогазосварщика Иванова И. И. свидетельствует о его защищенности. Группа диспансерного наблюдения, установленная электрогазосварщику по результатам периодического медицинского осмотра, – Д-II. Возраст работника – 35 лет, трудовой стаж во вредных условиях труда составляет 12 лет. Влияние вредных и опасных производственных факторов представлено результатами специальной оценки условий труда на рабочем месте электрогазосварщика (табл. 4.1).

Таблица 4.1

#### Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам (строка 030 Карты специальной оценки условий труда)

Фактор производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда
Химический	2
Биологический	–
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	3.1
Шум	2
Инфразвук	–
Ультразвук воздушный	–
Вибрация общая	–

Фактор производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда
Вибрация локальная	–
Неионизирующие излучения	3.1
Ионизирующие излучения	–
Параметры микроклимата	–
Параметры световой среды	2
Тяжесть трудового процесса	3.1
Напряженность трудового процесса	2

### Решение

Вычислим интегральную оценку условий труда электрогазосварщика на основе показателя вредности условий труда на рабочем месте работника ( $ПВ$ ), показателя защищенности работника средствами индивидуальной защиты ( $ОЗ$ ) и показателя риска травмирования работника ( $РТ$ ).

*Показатель вредности* условий труда работника с учетом числа факторов рассчитаем по формуле

$$ПВ = (B_{\phi} - B_{\Delta}) \cdot K_{БМ}, \quad (4.1)$$

где  $B_{\phi}$  – сумма баллов для всех факторов на данном рабочем месте;  $B_{\Delta}$  – сумма баллов на рабочем месте для всех производственных факторов, которые условно приводятся к допустимому классу;  $K_{БМ}$  – коэффициент приведения к безразмерному виду, равный 0,5.

1. Определяем  $B_{\phi}$  в соответствии с балльной оценкой классов условий труда, установленных по результатам специальной оценки условий труда для  $m$  производственных факторов:

$$B_{\phi} = \sum_{i=1}^m vi = 2 + 4 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2 = 20. \quad (4.2)$$

Количество установленных баллов  $v$ , соответствующих классам условий труда, берется в соответствии с табл. 4.2.

Таблица 4.2

## Количество баллов, установленных для классов условий труда

Показатель	Характеристика и класс условий труда по Р 2.2.2006–05						
	Опти- маль- ные	Допус- тимые	Вредные				Опас- ные
			1	2	3.1	3.2	
Количество баллов $v_i$	2	2	4	8	16	32	64
$I_{П3}$ по Р2.2.1766–03	0	$< 0,05$	0,05–0,11	0,12–0,24	0,25–0,49	0,5–1,0	$> 1$

2. Производственные факторы, имеющиеся на рабочем месте (в примере их 7), условно приводятся к допустимому классу. В таком случае каждый производственный фактор получит балл, равный двум, а общая сумма баллов на рабочем месте для  $m$  производственных факторов составит:

$$B_{Д} = 2 \cdot m = 2 \cdot 7 = 14. \quad (4.3)$$

3. Вычисляем показатель вредности условий труда работника с учетом числа факторов по формуле (4.1):

$$ПВ = (B_{Ф} - B_{Д}) \cdot K_{БМ} = (20 - 14) \cdot 0,5 = 3.$$

*Показатель риска травмирования* работника на рабочем месте характеризует опасность условий труда на основе оценки риска травмирования на рабочем месте.

Оценка показателя риска травмирования соответствует оценке травмобезопасности рабочего места, но с выходом ФЗ № 426 «О специальной оценке условий труда» оценка травмоопасности проводится не на всех рабочих местах, поэтому воспользуемся матрицей МОР (табл. 2.3).

Выбирается уровень предполагаемой тяжести и вероятности из матрицы МОР, который по описанию неблагоприятного события на рабочем месте учитывает его серьезность и частоту (определяется экспертом). Значение находится на пересечении частоты предполагаемого события (последствия для здоровья или безопасности) и степени тяжести (серьезности). В результате определяется уровень вероятности – число и обозначение уровня по субъективной шкале частоты (вероятности).

В нашем примере имелись два случая травматизма (событие обязательно произойдет). В обоих случаях временная утрата трудоспособности не превышала одного месяца (серьезность степени  $M_0$ ). Таким образом,  $E_5 \cdot M_{03} = B_{15}$  (риск высокий).

После определения уровня предполагаемой тяжести и уровня вероятности (предполагаемой частоты) по величине риска дается оценка риска по его величине и степени (табл. 2.4). Показатель степени риска определяем по табл. 4.3.

Таблица 4.3

**Показатель риска травмирования в зависимости от степени риска**

Степень риска	Показатель риска травмирования $PT$	Допустимость (приемлемость) риска	Возможные последствия (тяжесть и вероятность)
Низкая (Н)	1	Безусловно допустимый	Последствия по тяжести от (1)N до (4)S Вероятность от (1)A до (4)D
Средняя (С)	2	Ограниченно допустимый (приемлемый)	Последствия по тяжести от (1)N до (5)С Вероятность от (1)A до (4)Е
Высокая (В)	3	Недопустимый (чрезмерный)	Последствия по тяжести от (3)Мо до (5)С Вероятность от (3)С до (5)Е

Работник считается обеспеченным СИЗ (защищенным) ( $O3 = 0$ ), если:

– для всех рисков предусмотрены СИЗ, которые способствуют снижению воздействия ОиВПФ;

– согласно личной карточке учета все СИЗ эффективно применяются и соответствуют требованиям (нормы, сроки выдачи и др.).

Работник признается незащищенным ( $O3 = 1$ ), если соответствие рисков и выданных СИЗ не выполняется в отношении хотя бы одного риска. Следовательно, показатель защищенности ( $O3$ ) иллюстрирует, какие действующие риски на рабочем месте снижены с помощью применения эффективных СИЗ.

С учетом оценки риска травмирования работника ( $PT$ ) и оценки защищенности средствами индивидуальной защиты ( $O3$ ) определяется значение ранга ( $P$ ) для рабочего места в соответствии с комбинацией значений показателей  $PT = 3$  и  $O3 = 0$  по табл. 4.4. В нашем примере  $P = 5$ .

Таблица 4.4

**Ранжирование риска травмирования**

Ранг	Значение по риску травмирования	Значение защищенности работника	Характеристика риска травмирования
1	1	0	Риск травмирования низкий. Работник защищен СИЗ
2	1	1	Риск травмирования низкий, но работник не защищен (не обеспечен) СИЗ
3	2	0	Риск травмирования средний. Работник защищен СИЗ
4	2	1	Риск травмирования средний, но работник не защищен СИЗ
5	3	0	Риск травмирования высокий. Работник защищен СИЗ
6	3	1	Риск травмирования высокий, но работник не защищен СИЗ

Расчет интегральной оценки условий труда (*ИОУТ*) по вредности и опасности на рабочем месте с учётом воздействия производственных фак-

торов с различными классами вредности на основе ранжирования рабочих мест организаций при  $ПВ \geq 1$  выполняется по формуле

$$ИОУТ = \frac{100 \cdot [(ПВ-1) \cdot 6 + P]}{2334} = \frac{100 \cdot [(3-1) \cdot 6 + 5]}{2334} = 0,728, \quad (4.4)$$

где  $ПВ$  – показатель вредности условий труда работника на его рабочем месте;  $P$  – ранг, определенный в соответствии со значениями  $РТ$  и  $ОЗ$  для данного рабочего места; 100 – коэффициент пропорциональности (для всех вариантов); 2334 – число, характеризующее все теоретически возможные уникальные комбинации значений  $ПВ \geq 1$ ,  $РТ$  и  $ОЗ$  (для всех вариантов).

Показатель состояния здоровья работника (3) устанавливается в соответствии с принадлежностью работника к определенной группе диспансерного наблюдения. Группа диспансерного наблюдения, установленная электрогазосварщику по результатам периодического медицинского осмотра, – Д–II (табл. 4.5).

*Таблица 4.5*  
**Оценка состояния здоровья работника**

Значение показателя состояния здоровья работника	Группа диспансеризации		Характеристика группы (для практической работы используем п. 30 прил. А)
	по п. 30 прил. А	по п. 52 прил. А	
1	Д–I	Д–I	Здоровые работники, без жалоб на состояние здоровья, у которых не выявлены функциональные изменения различных органов и систем во время осмотра, какие-либо заболевания или нарушение функций отдельных органов и систем; ОРВИ не более одного раза в год; суммарная длительность временной утраты трудоспособности (ВУТ) по болезни не более 7 дней в году

Значение показателя состояния здоровья работника	Группа диспансеризации		Характеристика группы (для практической работы используем п. 30 прил. А)
	по п. 30 прил. А	по п. 52 прил. А	
2	Д-II	Д-II	Работники с риском развития заболевания, нуждающиеся в проведении профилактических мероприятий, у которых выявлены функциональные изменения различных органов и систем; ОРВИ не более двух раз в год; суммарная длительность ВУТ по болезни не более 14 дней в году
3	Д-III	Д-III-А	Работники с компенсированным течением хронических неинфекционных заболеваний, не являющихся противопоказанием для продолжения работы в профессии; ОРВИ не более трех раз в год; суммарная длительность ВУТ по болезни не более 21 дня в году
4	Д-IV	Д-IV-Б	Работники с хроническими неинфекционными заболеваниями, не являющимися противопоказанием для продолжения работы в профессии; ОРВИ более трех раз в год; суммарная длительность ВУТ по болезни более 21 дня в году
5	Д-V	Д-V-В	1. Работники с ранними признаками воздействия на организм вредных факторов рабочей среды и трудового процесса. 2. Работники, у которых по результатам периодического медицинского осмотра выявлены общие и дополнительные медицинские противопоказания для продолжения работы в профессии

Следовательно, показатель состояния здоровья работника равен 2, то есть  $3 = 2$ .

Поскольку под индивидуальным профессиональным риском (*ИПР*) работника нужно понимать вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанную с исполнением работником обязанностей по трудовому договору (контракту) в зависимости от условий труда на его рабочем месте и состояния здоровья работника, то примем, что *ИПР* зависит от следующих параметров (факторов риска):

- *условий труда*, имеющихся на рабочем месте работника в процессе выполнения им профессиональной деятельности (данний параметр характеризуется показателем *ИОУТ*, то есть интегральной оценкой условий труда);
- *состояния здоровья работника* (данний параметр характеризуется показателем состояния здоровья (3), определяемым по результатам медицинских осмотров работника; значения показателя приведены в табл. 4.5);
- *возраста работника* (данний параметр характеризуется показателем возраста (*B*) работника; значения показателя приведены в табл. 4.6);
- *трудового стажа работника во вредных и (или) опасных условиях труда* (данний параметр характеризуется показателем стажа (*C*) работника и приведен в табл. 4.6).

Таблица 4.6

**Оценки возраста и трудового стажа работника**

Показатель	Номер возрастной или стажевой группы работников				
	1	2	3	4	5
Возраст ( <i>B</i> )	18–29	30–39	40–49	50–59	60–69
Стаж ( <i>C</i> )	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50
Значение показателя	1	2	3	4	5

В соответствии с персональными данными работника по возрасту относим его ко второй группе, его показатель возраста равен двум (*B* = 2).

По трудовому стажу во вредных условиях относим работника ко второй группе, и в этом случае показатель будет равен двум (*C* = 2).

Показатель травматизма (*П<sub>т</sub>*) на данном рабочем месте, зависящий от количества случаев получения травм на этом рабочем месте и тяжести последствий травмирования работников, определяется по формуле (2.15).

В нашем примере количество случаев травматизма на рабочем месте за истекший год равно двум, значит  $K_C = 1,2$  (табл. 2.7). Временная утрата трудоспособности не превышала одного месяца, значит  $K_T = 1$  (табл. 2.7). Тогда  $\Pi_T = 1,2$ .

Показатель заболеваемости ( $\Pi_3$ ) на рабочих местах определяется в соответствии с табл. 2.8. На данном рабочем месте за истекший год профзаболеваний не было обнаружено, поэтому  $\Pi_3 = 1$ .

Для расчета ИПР работника воспользуемся формулами (2.13) и (2.14) с учетом весовых коэффициентов (табл. 2.5) и коэффициентов, используемых для перевода показателей параметров из абсолютных величин в относительные (табл. 2.6).

Полученный *ИПР* определяется на конкретного работника. Запись *ИПР* содержит фамилию работника:

$$ИПР = f(ИОУТ, 3, B, C).$$

Так, для нашего примера:

$$ИПР (\text{Иванов И. И.}) = (0,728; 2; 2; 2).$$

Тогда в нашем случае

$$\begin{aligned} SUM &= 0,5 \cdot 1/15 \cdot 0,728 + 0,2 \cdot 1/5 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1/5 \cdot 2 + 0,2 \cdot 1/5 \cdot 2 = \\ &= 0,024 + 0,08 + 0,04 + 0,08 = 0,22. \end{aligned}$$

Итак, значение индивидуального профессионального риска электрогазосварщика Иванова И. И. в возрасте 35 лет, отработавшего 12 лет в описанных условиях труда, будет составлять:

$$ИПР = SUM \cdot \Pi_T \cdot \Pi_3 = 0,22 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,264,$$

что соответствует высокому уровню риска (табл. 4.7).

Таблица 4.7

**Шкала интегрального показателя ИПР**

Значение показателя	менее 0,13	0,13–0,21	0,22–0,39	0,40 и выше
Характеристика риска	низкий	средний	значительный (высокий)	высокий (очень высокий)

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите основные элементы расчета индивидуального профессионального риска.
2. Опишите последовательность расчетов составляющих *ИПР* работника.
3. О чём свидетельствует расчетное значение *ИПР*?
4. Как возраст и стаж работника влияют на величину *ИПР*?
5. Какие группы диспансеризации вы знаете? Их значение в расчетах *ИПР*.
6. Объясните влияние результатов оценки условий труда на рабочем месте на величину *ИПР*. Приведите примеры.
7. Как *ИПР* учитывает травмоопасность рабочего места и защищенность работников СИЗ?

**4.2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**  
**«КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ»**

**Цель работы:** определить количественные характеристики индивидуальных профессиональных рисков на рабочих местах.

**Порядок выполнения работы**

1. Изучить главу 3 настоящего учебного пособия.
2. Выбрать исходные данные (табл. В.1–В.4).

3. Описать технологическую операцию (по своему варианту), уровни рисков которой будут оцениваться в работе.

4. Занести названия производственных факторов риска в соответствии с заданием в табл. 4.8.

Таблица 4.8

**Экспертные оценки времени попадания рабочих мест  
в зону воздействия факторов риска**

Рабочие места	Наименование факторов риска		
	1.	2.	3.
	Экспертные оценки времени, %		
1.			
2.			

5. Занести данные экспертной оценки времени попадания рабочих мест в зону воздействия факторов риска в табл. 4.8. Время указывается в процентах от времени рабочей смены.

6. Занести в табл. 4.9 названия вредных производственных факторов и указать продолжительность их воздействия на работников в течение смены.

Таблица 4.9

**Воздействие вредных производственных факторов  
на работников в течение смены**

Рабочие места	Наименование вредных производственных факторов		
	1.	2.	3.
	Продолжительность их воздействия на работников в течение смены, %		
1.			
2.			

7. Оценить вероятности возникновения факторов индивидуальных рисков на рабочих местах (используйте формулы и порядок расчетов по аналогичным примерам главы 3 данного учебного пособия).
8. Оценить вероятность попадания рабочих мест в зону действия факторов рисков.
9. Составить карту уровней рисков.
10. Вычислить общий уровень риска заданной технологической операции (по формуле (3.17)).
11. Переписать задание по изменению состояния безопасности заданной технологической операции (табл. В.5).
12. Оценить величину изменения общего уровня риска в соответствии с индивидуальным заданием (по формулам (3.21), (3.22)).
13. Занести экспертные оценки потерь от воздействия факторов риска в табл. 4.10 (потери выражаются в некоторых условных денежных единицах (табл. В.6)).

*Таблица 4.10*

**Экспертные оценки потерь от воздействия факторов риска**

Рабочие места	Факторы риска					
	опасные			вредные		
	1	2	3	4	5	6
	Потери от воздействия факторов риска в некоторых условных денежных единицах					
1.						
2.						

14. Вычислить компоненты и составить вектор вероятностей исходов воздействия опасных и вредных производственных факторов (используйте пример 7 главы 3 учебного пособия, формула (3.24)).
15. Вычислить компоненты и составить вектор вероятностей попадания рабочих мест в зону воздействия факторов риска (используйте пример 7 главы 3 учебного пособия, формула (3.29)).

16. Оценить среднее значение суммарных экономических потерь предприятия от существующего уровня риска технологической операции (по формуле (3.32)).

17. Описать системы и средства защиты или производственные ситуации, которые могли бы влиять на общий уровень риска для заданной технологической операции. Сделать соответствующие выводы по работе.

18. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что может являться источниками возникновения производственных рисков?

2. Назовите параметры, влияющие на величину индивидуального профессионального риска.

3. Объясните различия между вредными и опасными производственными факторами риска на оцениваемых рабочих местах.

4. От чего зависит продолжительность воздействия опасных и вредных факторов индивидуального профессионального риска?

5. От чего зависит вероятность наступления неблагоприятного события на оцениваемых рабочих местах?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целях повышения СУОТ в организации количественная оценка профессиональных рисков занимает одну из ключевых позиций. Она является инструментом эффективного управления профессиональными рисками, а значит, и всей СУОТ в организации.

Пособие содержит анализ существующих в настоящее время проблем в области оценки профессиональных рисков. Авторы выполнили обзор основных подходов к оценке профессиональных рисков в России. Кроме того, в пособии дан библиографический список работ, в которых приводятся данные о различных аспектах определения профессиональных рисков.

Авторами предложена к изучению методика оценки основных количественных характеристик производственных рисков, основанная на математических моделях.

В данном пособии не рассматривается практическое применение всех изложенных методик оценки индивидуальных профессиональных рисков ввиду сложности расчетов и недостатка статистических данных, необходимых для расчетов.

Учебное пособие представляет интерес для будущих специалистов в области охраны труда, квалификация которых позволит эффективно реализовывать систему управления охраной труда на основе управления профессиональными рисками в организации.

Рассмотренные примеры определения риска на рабочих местах и предложенные практические работы помогут студентам бакалавриата и магистратуры очной и заочной форм обучения по направлению «Техносферная безопасность» (профиль «Безопасность труда») при изучении дисциплин «Управление техносферной безопасностью», «Оценка условий труда», «Экономика безопасности труда».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трудовой кодекс Российской Федерации // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 1.
2. Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 1998. – № 31.
3. ГОСТ Р 12.0.010-09. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. – Введ. 2011-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 20 с.
4. О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2014 году : докл. М-ва труда и социальной защиты РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary/249>. (дата обращения: 10.07.2016 г.).
5. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки : Р 2.2.1766-03 : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003 г. – М. : Федер. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 24 с.
6. Глушков, В. А. Совершенствование управления охраной труда / В. А. Глушков, Р. А. Сайфутдинов, С. Н. Варюхин // Актуальные вопросы современной науки. – 2014. – № 38. – С. 47–56.
7. Исакова, А. К. Анализ подходов к оценке профессиональных рисков / А. К. Исакова, Е. В. Бакико // Молодежь и XXI век : материалы VI Междунар. молодеж. науч. конф. – Курск, 2016. – С. 25–27.
8. Исакова, А. К. Методологические проблемы оценки профессиональных рисков / А. К. Исакова, Е. В. Бакико // Техносферная безопасность : материалы III межвуз. науч.-техн. конф. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2016. – С. 146–151.

9. Левашов, С. П. Мониторинг и анализ профессиональных рисков в России и за рубежом : монография / С. П. Левашов ; под ред. И. И. Манило. – Курган : Изд-во Курган. гос. ун-та, 2013. – 345 с.
10. Математические модели производственных рисков и систем защиты : монография / А. В. Горяга [и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014. – 104 с.
11. Нассер, С. С. Модель, методика и алгоритмы автоматизированной оценки профессиональных рисков на производстве : автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. С. Нассер. – СПб. : СПБГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 18 с.
12. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / под ред. Н. Ф. Измерова и Э. И. Денисова. – М. : Тровант, 2003. – 448 с.
13. Разработка «Методики расчета индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника» и «Методики расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации» / Н. Ф. Измеров [и др.] // Актуальные проблемы медицины труда : сб. тр. / под ред. акад. РАМН Н. Ф. Измерова. – М. : Реинфорт, 2014. – С. 132–162.
14. Российская энциклопедия по медицине труда / [гл. ред. академик РАМН Н. Ф. Измеров]. – М. : Медицина, 2005. – С. 413.
15. Симонова, Н. Оценка индивидуального профессионального риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kiout.ru/info/publish/22928>. (дата обращения: 06.07.2016 г.).
16. John W. Ruser. Risk analysis of nonfatal occupational injuries and diseases. Title of book : Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. 4th ed. MA : International Labourtion, 1998. – pp 3218–3219.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**ИСТОЧНИКИ – МАТЕРИАЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕ**  
**АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В РОССИИ**

Тип источника	Наименование источника
Нормативно-правовые	<p>1. Трудовой кодекс РФ (статья 209)</p> <p>2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (статья 2)</p> <p>3. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (статья 3803).</p> <p>4. ГОСТ Р 12.0.010-09 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков»</p> <p>5. ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования»</p> <p>6. ГОСТ Р 12.0.007-2009. «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию»</p> <p>7. ГОСТ Р 51901.6-2005 (МЭК 61014:2003) «Менеджмент риска. Повышение надежности» (дата введения в действие 01.02.2006 г.)</p> <p>8. ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534-1-93) «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения»</p> <p>9. ГОСТ Р 51897-2002 «Менеджмент риска. Термины и определения»</p> <p>10. ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты»</p> <p>11. ГОСТ Р 51901.2-2005 (МЭК 60300-1:2003) «Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности»</p> <p>12. ГОСТ Р 51901.4-2005 (МЭК 62198:2001) «Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании» (дата введения в действие 01.02.2006 г.)</p> <p>13. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности» (дата введения в действие 01.02.2006 г.)</p>

Тип источника	Наименование источника
Нормативно-правовые	<p>14. Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Роспотребнадзором 29.07.2005 г.)</p> <p>15. Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».</p>
Научно-методические материалы	<p>1. Адамчук, Н. Управление риском на предприятии и страхование / Н. Адамчук, Д. Алешин // Управление риском. – 2001. – № 1. – С. 32–39.</p> <p>2. Аронов, И. З. Современные проблемы безопасности технических систем и анализа риска / И. З. Аронов // Стандарты и качество. – 1998. – № 3. – С. 45–50.</p> <p>3. Арсентьев, Ю. Н. Принципы техногенной безопасности производств и построение систем управления риском / Ю. Н. Арсентьев, В. И. Бушинский, В. Ф. Фатуев. – Тула, 1994. – 110 с.</p> <p>4. Арсентьев, Ю. Н. Основы теории безопасности и рискологии / Ю. Н. Арсентьев, Т. Ю. Давыдова, И. Н. Давыдов, И. М. Шлапаков. – М. : Высш. шк., 1999. – 152 с.</p> <p>5. Белов, П. Г. Концепция деятельности предприятий с учетом риска производственных происшествий / П. Г. Белов // Ж.-д. трансп. Сер. Охрана труда : ЭИ / ЦНИИТЭИ МПС. – Вып. 1–2. – 1994. – С. 1–16.</p> <p>6. Бурков, В. Н. Управление риском: экономические аспекты обеспечения производственной безопасности / В. Н. Бурков, Г. С. Сергеев // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях: ОИ / ВИНИТИ. – М, 1993. – С. 18–31.</p> <p>7. Воробьев, Ю. Л. Теория риска и технология обеспечения безопасности / Ю. Л. Воробьев, Г. Г. Малинецкий, Н. А. Махутов // Проблемы обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях. Ч. 1. – 1998. – № 4. – С. 150–162.</p> <p>8. Глушков, В. А. Проблемы создания и функционирования системы управления производственными рисками / В. А. Глушков, Р. А. Сайфутдинов, С. Н. Варюхин // Актуальные вопросы современной науки. – 2015. – № 44–1. – С. 46–55.</p>

Тип источника	Наименование источника
Научно-методические материалы	<p>9. Глушков, В. А. Совершенствование управления охраной труда / В. А. Глушков, Р. А. Сайфутдинов, С. Н. Варюхин // Актуальные вопросы современной науки. – 2014. – № 38. – С. 47–56.</p> <p>10. Гордон, Б. Г. Об использовании понятия риска в различных отраслях промышленности / Б. Г. Гордон // Вестн. Госатомнадзора России. – 2003. – № 1. – С. 3–7.</p> <p>11. Горяга, А. В. Моделирование зависимости производственного травматизма от степени нарушения требований безопасности труда / А. В. Горяга, А. М. Добренко, В. С. Сердюк // Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. «Динамика систем, механизмов и машин» (Омск, 16–18 нояб. 2004 г.). – Омск, 2004. – С. 186–187.</p> <p>12. Горяга, А. В. Модели количественных оценок уровней рисков производственных процессов / А. В. Горяга, В. С. Сердюк, А. М. Добренко ; ОмГТУ. – Омск, 2005. – 18 с. рус. – Деп. в ВИНИТИ 03.05.05, № 645.</p> <p>13. Горяга, А. В. Задача минимизации затрат на снижение уровней рисков производственных процессов / А. В. Горяга, А. М. Добренко, В. С. Сердюк // Материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. «Динамика систем, механизмов и машин» (Омск, 13–15 нояб. 2007 г.). – Омск, 2007. – С. 302–305.</p> <p>14. Горяга, А. В. Задача максимального снижения уровня риска производственного процесса при ограничениях на соответствующие затраты / А. В. Горяга, А. М. Добренко, В. С. Сердюк // Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. «Динамика систем, механизмов и машин» (Омск, 13–15 нояб. 2007 г.). – Омск, 2007. – С. 306–309.</p> <p>15. Горяга, А. В. Общие модели количественных оценок экономических потерь от воздействия опасных производственных факторов на рабочие места / А. В. Горяга, А. М. Добренко, В. С. Сердюк // Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. «Динамика систем, механизмов и машин». – Омск, 2009. – Кн. 3. – С. 356–358.</p> <p>16. Горяга, А. В. Математические модели оптимизации выбора вариантов по улучшению условий труда / А. В. Горяга, А. М. Добренко, В. С. Сердюк // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность : материалы II Всерос. молодеж. научн.-техн. конф. (21–22 апр. 2009 г.). – Омск, 2009. – Кн. 3. – С. 229–232.</p>

Тип источника	Наименование источника
Научно-методические материалы	17. К вопросам разработки общих моделей систем защиты от факторов рисков производственных процессов / А. В. Горяга [и др.] // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность : материалы III Всеросс. молодеж. науч.-техн. конф. – Омск, 2010. – Кн. 2. – С. 280–282.
	18. Экспертная оценка при определении оптимальной системы защиты / А. В. Горяга [и др.] // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность : материалы IV Всерос. молодеж. науч.-техн. конф. Кн. 2. – Омск, 2011. – С. 344–346.
	19. Математические модели систем защиты от факторов риска производственных процессов / А. В. Горяга [и др.] // Ом. науч. вестн. Серия «Приборы, машины и технологии» № 1(97). – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – С. 96–98.
	20. Модели эксплуатации систем защиты от факторов риска производственных процессов / А. В. Горяга [и др.] // Ом. науч. вестн. Серия «Приборы, машины и технологии» № 3(103). – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – С. 157–159.
	21. Модели отказов системы защиты от факторов риска производственных процессов в нештатных и аварийных производственных ситуациях / А. В. Горяга [и др.] // Ом. науч. вестн. Серия «Приборы, машины и технологии» № 1(107). – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2012. – С. 82–85.
	22. Математические модели производственных рисков и систем защиты : монография / А. В. Горяга [и др.] ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014. – 104. с.
	23. Дмитриев, А. А. Риск-менеджмент по требованиям международного стандарта ISO/IEC 270001. Один из способов увидеть будущее без машины времени / А. А. Дмитриев // Dos Management. – 2010. – № 4 /07–09/. – С. 25–28.
	24. Добренко, А. М. Выбор оптимальных вариантов улучшения условий труда по результатам аттестации рабочих мест / А. М. Добренко, А. В. Горяга, В. С. Сердюк // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность : материалы II Всерос. молодеж. науч.-техн. конф. – Омск, 2008. – Кн. 2. – С. 235–238.

Тип источника	Наименование источника
Научно-методические материалы	25. Добренко, А. М. Математические модели эксплуатации систем защиты производственных процессов / А. М. Добренко, А. В. Горяга, О. А. Цорина // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы биологии, экологии, химии и экологического образования». – Ярославль, 2011. – С. 96–102.
26. Доклад Министерства труда и социальной защиты РФ «О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2014 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <a href="http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary/24">http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary/24</a> (дата обращения: 15.04.2016).	
27. Елин, А. М. Травматизм и аварийность. Роль органов управления в их предупреждении / А. М. Елин, С. Н. Першутин // Охрана и экономика труда. – 2012. – № 3(8). – С. 4–12.	
28. Елохин, А. Н. К вопросу определения критериев приемлемости риска / А. Н. Елохин // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях: ОИ / ВИНИТИ. – 1994. – № 8. – С. 42–51.	
29. Елохин, А. Н. Анализ и управление риском: Теория и практика / А. Н. Елохин. – М., 2000. – 185 с.	
30. Разработка «Методики расчета индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника» и «Методики расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации / Н. Ф. Измеров [и др.] // Актуальные проблемы медицины труда : сб. тр. / под ред. акад. РАМН Н. Ф. Измерова. – М. : Реинфор, 2014. – С. 132–162.	
31. Искакова, А. К. Анализ подходов к оценке профессиональных рисков / А. К. Искакова, Е. В. Бакико // Молодежь и XXI век : материалы VI Междунар. молодеж. науч. конф. – Курск, 2016. – С. 25–27.	
32. Искакова, А. К. Методологические проблемы оценки профессиональных рисков / А. К. Искакова, Е. В. Бакико // Техносферная безопасность : материалы третьей межвуз. науч.-техн. конф. – Омск, 2016. – С. 146–151.	
33. Качалов, Р. М. Управление риском производственных систем / Р. М. Качалов // Экономика и математические методы. – 1997. – Т. 33, вып. 4. – С. 25–38.	

Тип источника	Наименование источника
	34. Козлов, В. И. Вероятностная оценка уровня опасности технологических процессов и производства / В. И. Козлов, Р. М. Лусис // Проблемы охраны труда : тез. докл. III Всесоюз. межвуз. конф. – Кишинев : Штиинца, 1978. – С. 66–67.
	35. Кузьмин, И. И. Безопасность и техногенный риск: системно-динамический подход / И. И. Кузьмин // Журн. Всерос. хим. о-ва. – 1990. – № 4. – С. 415–420.
	36. Кузьмин, И. И. Концепция безопасности: от риска «нулевого» к «приемлемому» / И. И. Кузьмин, Д. А. Шапошников // Вестн. РАН. – 1994. – № 5. – С. 402–407.
	37. Ларичев, О. И. Анализ риска и проблемы безопасности / О. И. Ларичев, А. И. Мечитов, С. Б. Ребрик. – М. : ВНИИСИ, 1990. – 60 с.
	38. Левашов, С. П. Мониторинг и анализ профессиональных рисков в России и за рубежом : монография / С. П. Левашов ; под ред. И. И. Манило. – Курган : Изд-во Курган. гос. ун-та, 2013. – 345 с.
	39. Малинецкий, Г. Г. Наука о риске и жизнь / Г. Г. Малинецкий // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях : ОИ / ВИНИТИ. – 2001. – № 3. – С. 59–71.
	40. Минько, В. М. Математическое моделирование в управлении охраной труда / В. М. Минько. – Калининград. гос. техн. ун-т. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 184 с.
	41. Нессер, С. С. Модель, методика и алгоритмы автоматизированной оценки профессиональных рисков на производстве : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб. : СПБГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 18 с.
	42. Нечаев, В. Л. Мониторинг риска в промышленной технологии / В. Л. Нечаев // Науковедение и информатика. – 1989. – Вып. 31. – С. 28–34.
	43. Онищенко, В. Я. Управление технологическим риском / В. Я. Онищенко // Безопасность труда в промышленности. – 1996. – № 12. – С. 29–31.
	44. Пашин, Н. П. Система управления профессиональными рисками / Н. П. Пашин // Справочник специалиста по охране труда. – 2008. – № 10. – С. 5–9.
	45. Роик, В. Профессиональный риск: проблемы анализа и управления / В. Роик // Человек и труд. – 2003. – № 4. – С. 1–6.

Тип источника	Наименование источника
Научно-методические материалы	46. Сердюк, В. С. Задача максимального снижения уровня риска производственного процесса при ограничениях на соответствующие затраты / В. С. Сердюк // Техносферная безопасность, надежность, качество, энергоснабжение : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (8–12 сент. 2003 г.). – Ростов н/Д, 2003. – С. 132–136.
47. Сердюк, В. С. Количественная оценка потерь, связанных с риском выполнения технологических операций на магнитно-импульсных установках / В. С. Сердюк // Современные технологии при создании продукции военного и гражданского назначения : сб. докл. технолог. конгр. – Омск, 2001. – С. 411–413.	
48. Сердюк, В. С. Количественная оценка уровней риска при работе на электромагнитных установках / В. С. Сердюк // Техносферная безопасность : материалы седьмой Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д, 2002. – С. 122–126.	
49. Сердюк, В. С. Задача минимизации затрат на снижение уровней рисков производственных факторов / В. С. Сердюк // Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (8–12 сент. 2003 г.). – Ростов н/Д, 2003. – С. 137–141.	
50. Математические модели отказов систем защиты от факторов риска в нештатных и аварийных производственных ситуациях / В. С. Сердюк [и др.] // Охрана и экономика труда. – М., 2014. – Вып. 1 (14). – С. 59–63.	
51. Математические модели отказов систем защиты производственных процессов / В. С. Сердюк [и др.] // Безопасность труда на производстве : рос.-украин. межвуз. сб. ст. – Киев ; Москва, 2014. – Вып. 1. – С. 101–106.	
52. Симонова, Н. Оценка индивидуального профессионального риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.kiout.ru/info/publish/22928">http://www.kiout.ru/info/publish/22928</a> . (дата обращения: 06.07.2016 г.).	
53. Чернов, Е. Д. О количественной оценке степени опасности технологических процессов / Е. Д. Чернов // Безопасность труда на железных дорогах Урала, Сибири и Дальнего Востока : межвуз. сб. науч. тр. – Омск, 1980. – С. 59–63.	

Тип источника	Наименование источника
Научно-методические материалы	<p>54. Шлыков, В. Н. Дифференциация риска при анализе и прогнозе опасностей на производстве / В. Н. Шлыков // Современные проблемы условий труда : сб. науч. тр. – М. : НИИ труда, 1992. – С. 90–100.</p> <p>55. Шлыков, В. Н. Риск как показатель безопасности производственных систем: аспекты анализа, управления и страхования / В. Н. Шлыков // Новые материалы и технологии машиностроения. Промышленная экология и безопасность в современных технологических процессах : тез. докл. Рос. науч.-техн. конф. – М. : МАТИ, 1992. – С. 5–6.</p> <p>56. Шлыков, В. Н. Применение метода анализа иерархий для оценки технологического риска производственной деятельности персонала строительных организаций / В. Н. Шлыков, Л. И. Силин // Новые материалы и технологии машиностроения : тез. докл. Рос. науч.-техн. конф. – М. : МАТИ, 1993. – С. 39–41.</p>

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**  
**«РАСЧЕТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА»**

*Таблица Б.1*

**Профессия и личные данные работника**

№ варианта	Профессия	Воз-раст, лет	Стаж работы, лет	Количество НС в год	Временная нетрудоспособность, дней
1	электрогазосварщик	35	3	0	7
2	газосварщик	30	2	1	5
3	электрогазосварщик	25	10	2	11
4	газосварщик	40	4	0	12
5	электрогазосварщик	42	15	0	6
6	газосварщик	37	21	1	4
7	электрогазосварщик	52	17	0	22
8	газосварщик	23	8	2	16
9	электрогазосварщик	28	9	1	28
10	газосварщик	56	20	0	10
11	электрогазосварщик	68	11	0	11
12	газосварщик	44	9	1	13
13	электрогазосварщик	49	6	1	25
14	газосварщик	36	14	2	22
15	электрогазосварщик	41	24	1	9
16	газосварщик	61	35	3	14
17	электрогазосварщик	51	17	2	12
18	газосварщик	31	16	1	7
19	электрогазосварщик	29	16	0	21
20	газосварщик	25	7	0	18

Таблица Б.2

**Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам**

Фактор производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда					Обеспеченность СИЗ (+/-)	
	Варианты						
	1–4	5–8	9–12	13–16	17–20		
Химический	2	3.1	2	3.2	3.1	+	
Биологический			—			—	
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	3.1	2	2	2	3.1	+	
Шум	2	2	3.1	3.2	2	—	
Инфразвук			—			—	
Ультразвук воздушный			—			—	
Вибрация общая	—	—	2	3.1	2	+	
Вибрация локальная			—			—	
Неионизирующие излучения	3.1	2	2	2	3.1	—	
Ионизирующие излучения			—			—	
Параметры микроклимата	—	—	2	2	—	—	
Параметры световой среды	2	2	2	3.1	2	—	
Тяжесть трудового процесса	3.1	3.2	3.1	2	2	—	
Напряженность трудового процесса			2			—	

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**  
**«КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ**  
**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ»**

*Таблица В.1*  
**Технологическая операция**

Варианты	Описание технологической операции
1, 5, 9, 13, 17, 21	<p>Технологическая операция – механическая очистка поверхности профильного проката для подготовки к сварке изделия.</p> <p>Оборудование – дробеструйная установка.</p> <p>Инструмент – сопло, через которое с помощью сжатого воздуха выбрасывается дробь на очищаемую поверхность.</p> <p>Возможные производственные факторы риска:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) разгерметизация камеры, при которой происходит травмирование работника продуктами обработки – 1 случай на <math>N</math> часов;</li><li>2) падение работника с высоты – <math>n</math> случаев в год;</li><li>3) замыкание электрической цепи через тело человека – 1 случай на <math>t</math> часов работы.</li></ol> <p>Время воздействия производственных факторов риска на работника – <math>T</math> часов (рабочая смена),</p> <p>количество работающих – 2 (оператор, слесарь-наладчик),</p> <p>количество изготавливаемых за смену изделий – <math>V</math> шт.</p>

Варианты	Описание технологической операции
2, 6, 10, 14, 18, 22	<p>Технологическая операция – механическая очистка поверхности профильного проката для подготовки к сварке изделия.</p> <p>Оборудование – дробеструйная установка.</p> <p>Инструмент – сопло, через которое с помощью сжатого воздуха выбрасывается дробь на очищаемую поверхность.</p> <p>Возможные производственные факторы риска:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) фрагменты роликов, образующиеся при их разрушении, экспертная оценка количества возможных разрушений – 1 на <math>N</math> часов работы;</li> <li>2) замыкание электрической цепи через тело человека – 1 случай на <math>t</math> часов работы.</li> </ol> <p>Время воздействия производственных факторов риска на работника – <math>T</math> часов (рабочая смена),</p> <p>количество работающих – 2 (оператор, слесарь-наладчик),</p> <p>количество изготавливаемых за смену изделий – <math>V</math> шт.</p>
3, 7, 11, 15, 19, 23	<p>Технологическая операция – сварка металлоизделий.</p> <p>Оборудование – установка для сварки продольных и кольцевых швов с подъемным (опорным) устройством для изделия.</p> <p>Инструмент – пневматическая сварочная горелка.</p> <p>Возможные производственные факторы риска:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) фрагменты частиц металла, образующиеся при выполнении сварочного шва, экспертная оценка количества возможных разрушений – 1 на <math>N</math> разрядов;</li> <li>2) фрагменты сварочного патрона, образующиеся при его разрушении, экспертная оценка количества возможных разрушений – 1 на <math>n</math> разрядов;</li> <li>3) замыкание электрической цепи через тело человека – 1 случай на <math>t</math> часов работы.</li> </ol> <p>Время воздействия производственных факторов риска – <math>T</math> часов (рабочая смена),</p> <p>количество работающих – 2 (электросварщик, слесарь-наладчик),</p> <p>количество изготавливаемых за смену изделий – <math>V</math> шт.</p>

Варианты	Описание технологической операции
4, 8, 12, 16, 20, 24	<p>Технологическая операция – вулканизация резиновых изделий.</p> <p>Оборудование – вулканизационный пресс.</p> <p>Инструмент – вулканизаторная пресс-форма.</p> <p>Возможные производственные факторы риска:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) фрагменты пресс-форм, образующиеся при их разрушении, экспертная оценка количества возможных разрушений – 1 на <math>N</math> открытых форм;</li> <li>2) выброс горячего пара, экспертная оценка количества возможных ожогов – 1 на <math>n</math> часов работы;</li> <li>3) замыкание электрической цепи через тело человека – 1 случай на <math>t</math> часов работы.</li> </ol> <p>Время воздействия производственных факторов риска – <math>T</math> часов (рабочая смена),</p> <p>количество работающих – 2 (вулканизаторщик, слесарь-наладчик),</p> <p>количество изготавливаемых за смену изделий – <math>V</math> шт.</p>

Таблица B.2

## Производственные факторы риска и их воздействия

№ варианта	Индивидуальные значения величин, необходимых для определения производственных факторов риска и их воздействия (см. табл. В.1)				
	<i>N</i>	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>T</i>	<i>V</i>
1	12000	1	12	2000	3500
5	10000	2	8	1800	4000
9	13000	3	24	1600	3750
13	9000	1	8	2200	4200
17	1100	2	12	2000	3000
21	8000	3	24	2100	3800
2	4000	—	12	2000	500
6	4500	—	8	1800	400
10	3500	—	6	1900	450
14	3000	—	24	1700	550
18	5000	—	12	1600	520
22	4200	—	8	2100	470
3	1200	800	8	2000	1200
7	1250	850	12	1800	1300
11	1300	820	24	2200	1100
15	1150	750	6	2100	900
19	1100	700	8	1000	1000
23	1000	900	8	1600	1250
4	12000	600	12	2000	400
8	13000	650	8	1600	380
12	14000	620	24	1800	420
16	9000	580	12	2200	450
20	10000	550	8	2100	350
24	11000	500	6	2000	300

**Экспертные оценки времени попадания рабочих мест в зону воздействия  
факторов риска в процентах от времени рабочей смены**

№ варианта	Экспертные оценки, %					
	Рабочие места					
	Оператор			Слесарь-наладчик		
	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_1$	$f_2$	$f_3$
1	0,01	0,0002	10	0,03	0,02	5
5	0,02	0,003	9	0,02	0,01	10
9	0,03	0,001	8	0,01	0,04	5
13	0,01	0,003	5	0,04	0,03	10
17	0,02	0,001	12	0,03	0,02	5
21	0,03	0,002	15	0,02	0,01	10
2	0,05	7	—	0,03	10	—
6	0,04	8	—	0,02	5	—
10	0,05	9	—	0,01	8	—
14	0,03	10	—	0,04	5	—
18	0,05	5	—	0,03	10	—
22	0,06	6	—	0,02	7	—
№ варианта	Рабочие места					
	Электросварщик			Слесарь-наладчик		
	3	0,5	0,02	20	0,003	0,002
7	0,4	0,03	10	0,02	0,001	10
11	0,3	0,01	20	0,03	0,002	5
15	0,5	0,02	10	0,01	0,003	10
19	0,6	0,04	15	0,04	0,02	15
23	0,4	0,03	15	0,03	0,01	5
№ варианта	Рабочие места					
	Вулканизаторщик			Слесарь-наладчик		
	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_1$	$f_2$	$f_3$
4	0,01	10	15	0,03	0,02	5
8	0,02	9	10	0,02	0,03	4
12	0,03	7	5	0,01	0,04	5
16	0,01	8	10	0,04	0,01	8
20	0,03	12	15	0,03	0,02	5
24	0,02	10	8	0,02	0,03	10

Таблица В.4

**Вредные производственные факторы (ВПФ) на рабочих местах  
и их экспертная оценка в процентах от времени рабочей смены**

№ варианта	Экспертные оценки времени воздействия ВПФ, %					
	шум	вибрация	пыль в воздухе рабочей зоны	химические вещества в воздухе рабочей зоны	постоянное магнитное поле, обусловленное работой электросварочного трансформатора	высокая температура окружающих поверхностей
1	60	60	100	—	—	—
5	50	70	90	—	—	—
9	80	80	60	—	—	—
13	70	40	80	—	—	—
17	90	30	50	—	—	—
21	60	50	70	—	—	—
2	90	90	90	—	—	—
6	80	70	70	—	—	—
10	80	60	80	—	—	—
14	100	90	90	—	—	—
18	60	50	40	—	—	—
22	50	30	50	—	—	—
3	65	—	—	65	80	—
7	70	—	—	70	30	—
11	80	—	—	70	50	—
15	50	—	—	50	90	—
19	60	—	—	40	60	—
23	90	—	—	80	65	—
4	60	—	—	100	—	90
8	70	—	—	90	—	80
12	80	—	—	100	—	85
16	50	—	—	80	—	70
20	65	—	—	70	—	60
24	90	—	—	90	—	80

**Данные об изменении состояния безопасности технологической операции**

Варианты	Описание изменения состояния безопасности технологической операции
1–6	Определите снижение общего уровня риска для заданной технологической операции, если надежность инструмента увеличить в 3 раза
7–12	Определите повышение общего уровня риска для заданной технологической операции, если производительность труда увеличить на 15 %
13–18	Определите снижение общего уровня риска для заданной технологической операции, если вероятность поражения каждым из опасных факторов для каждого работника снизить в 2 раза
19–24	Оцените возможность снижения общего уровня риска для заданной технологической операции на 15 %

Таблица В.6

## Экспертные оценки потерь от воздействия вредных и опасных факторов риска

№ варианта	Экспертные оценки потерь в некоторых условных денежных единицах											
	Опасные факторы риска						Вредные факторы риска					
	PM № 1			PM № 2			PM № 1			PM № 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	7	12	0,25	1	6	0,05	2	1,25	4	0,25	2	3
5	8	11	0,2	3	5	0,04	1	1,0	3	0,25	3	4
9	10	10	0,3	1	4	0,06	3	1,1	5	0,2	2	3
13	6	13	0,2	2	7	0,03	2	1,2	6	0,3	2	1
17	9	15	0,3	1	8	0,07	2	1,3	2	0,2	1	2
21	5	8	0,2	3	10	0,08	1	1,25	4	0,3	3	5
2	7	12	–	1	9	–	3	1,0	4	0,2	2	3
6	8	11	–	2	6	–	2	1,1	3	0,25	2	4
10	10	10	–	1	5	–	2	1,2	5	0,2	1	3
14	6	13	–	3	4	–	1	1,3	6	0,3	3	1
18	9	15	–	1	7	–	3	1,25	2	0,2	2	2
22	5	8	–	2	8	–	2	1,0	4	0,3	2	5
3	7	12	0,25	1	10	0,05	2	1,1	4	0,2	1	3
7	8	11	0,2	3	9	0,04	1	1,2	3	0,25	3	4
11	10	10	0,3	1	6	0,06	3	1,3	5	0,2	2	3
15	6	13	0,2	2	5	0,03	2	1,25	6	0,3	2	1
19	9	15	0,3	1	4	0,07	2	1,0	2	0,2	1	2
23	5	8	0,2	3	7	0,08	1	1,1	4	0,3	3	5
4	7	12	0,25	1	8	0,05	3	1,2	4	0,2	2	3
8	8	11	0,2	2	10	0,04	2	1,3	3	0,25	2	4
12	10	10	0,3	1	9	0,06	2	1,25	5	0,2	1	3
16	6	13	0,2	3	6	0,03	1	1,0	6	0,3	3	1
20	9	15	0,3	1	5	0,07	3	1,1	2	0,2	2	2
24	5	8	0,2	2	4	0,08	2	1,2	4	0,3	3	5