



Пробит-моделирование в оценке, анализе и прогнозе профессиональных рисков здоровью работающих во вредных условиях

Красовский Владимир Олегович, доктор медицинских наук;
 Кашафутдинова Гульназ Ильшатовна, аспирант;
 Галлиулин Азат Рафаэлевич, аспирант
 ФБУН "Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека" (г.Уфа, Россия)

Поскольку достигнутый уровень развития техники и технологий не может обеспечить полное отсутствие опасности, то любая трудовая деятельность даже при соблюдении всех правил охраны труда и промышленной гигиены предполагает возможность какого-либо вреда для работника. Эпидемиологический анализ заболеваемости трудоспособного населения, развитие теории вероятностей и её приложений привело к уточнению научных представлений о диалектике "абсолютной и относительной безопасности человека" в форме "концепции профессионального риска". По большому счёту, с самого своего начала, гигиеническая наука только тем и занималась, что предупреждала риски расстройства здоровья человека. Однако для этого использовался и используется только "принцип пороговости" - факты несоответствий гигиеническому нормативу по изолированному, отдельному фактору. В отличие от отечественной традиционной системы гигиенического анализа в оценках условий труда, когда констатируется только факт превышения норматива, без учёта совокупного влияния производственных факторов на работника в концепции риска больше внимания уделяется корректной мере вероятности ущерба здоровью с целью выбора наиболее эффективных способов и методов профилактики (Risk – assessment and management).

Профессиональный риск - вероятностные медико-математические модели частоты и/или тяжести последствий от работы в неблагоприятных условиях труда [6]. Ратификация конвенции Международной организации труда (№ 187 [4]) "Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда" внесла дополнения в статью 209 трудового кодекса России. Важно подчеркнуть, что дополненная норма трудового законодательства трактует профессиональный риск, как вероятность повреждения здоровья человека работающего по контракту или трудовому договору и требует разработки ряда управленческих решений самого разнообразного характера — от гигиенических до инженерно-технических, юридических и иных мер. Однако на практике эти дополнения к трудовому праву до сих пор не реализованы из-за двух причин: сложившейся мультидисциплинарности и необходимости разработки новых гигиенических подходов к оценке риска здоровья работающих людей.

Мультидисциплинарность проявляется в том, что в обсуждаемой проблеме задействовано множество наук — от экономики до педагогики. Каждая отрасль научного знания изучает проблему с позиций своих парадигм, в которые естественно, не входят медицинские вопросы профилактики нарушения здоровья трудоспособных контингентов. Например, экономическая наука предложила "Классификатор видов экономической деятельности по классам профессионального риска" [3]. Отличительная особенность документа в том, что в одну группу включаются предприятия, в которых техногенные опасности, условия труда и другие свойства различаются во много раз. Кандидатская диссертация Сабининой Н.Н. [10] определяет профессио-

нальные риски педагога с позиций деятельностного подхода как вероятность появления негативных последствий результатов педагогического труда, которые могут сказываться на личности каждого из участников учебного процесса, а также на достижении прогнозируемого результата этой деятельности в образовательном учреждении. В области технических наук, финансовой деятельности и т.д., существуют разнообразные качественные, полуколичественные и количественные методики оценки и анализа соответствующего риска.

Развитие техники и технологий, изменения в трудовом законодательстве и необходимость его постоянного совершенствования, новое развитие государственной системы охраны труда, отечественной гигиенической науки, санитарного законодательства и другие причины и обстоятельства постоянно требуют разработки новых методических приёмов оценки и анализа производственной вероятности ущерба здоровью работника с гигиенических позиций.

Известное "Руководство по оценке профессионального риска...(Р. 2.2. 1766 - 03 [8])" не может удовлетворить новые потребности санитарного контроля на промышленных предприятиях, социальные и экономические запросы органов власти по определению размеров взносов в страховые и иные фонды, экономического управления рисками здоровья работников. Основное препятствие для применения документа на практике — не учитывается дозозффективные зависимости. В нём априорные и апостериорные профессиональные риски рассчитываются по превышению гигиенических нормативов на "данный момент", что уже недостаточно. Для получения актуального результата необходимо знать, сколько времени это превышение действует на работника, какую дозу вредности он получит в течение работы во вредных условиях.

Поэтому, нами были разработаны требования к усовершенствованной методике оценки профессиональных рисков здоровью.

1. Доступность для практического применения в санитарно-гигиеническом производственном контроле;
2. Доступность результата для использования другими науками в решении задач по оценке и управлению рисками;
3. Возможность практического применения методики и её результата для совершенствования трудового, санитарного законодательства, государственной системы охраны труда, а также решения проблем возмещения ущерба здоровью работника, в форме доплат, льгот и компенсаций;
4. Возможность применения результата для экономического планирования, планирования в службах охраны труда, Роспотребнадзора;
5. Возможность применения результата для организации профессиональных медицинских осмотров, в расследовании несчастных случаев и случаев профессиональных заболеваний;
6. Получаемые результаты оценки риска должны быть однозначны, надёжны, валидны и достоверны;

7. Вычислительные процедуры должны быть достаточно просты и их алгоритмы могли бы служить основой для разработки компьютерных программ (калькуляторов) по оценке и прогнозу рисков здоровью работающих;

8. Методика должна определять частные (по отдельным факторам) и общие, суммарные однозначные оценки риска позволяющие разрабатывать прогнозы потенциального вреда здоровью работников;

9. Методика должна обеспечивать разработку управленческих решений по борьбе с профессиональными рисками здоровью, по гигиенической и иной оптимизации условий труда и оценивать эффективность проводимых оздоровительных мероприятий;

10. Методика должна развивать научные основы международной концепции профессиональных рисков.

Для реализации этих принципов разработана "количественная гигиеническая модель оценки, анализа, прогноза и управления профессиональными рисками". Постановка медико-математической задачи исходит из предположений стохастичности воздействия производственных вредностей и стохастичности ответа организма работника. Профессиональная вредность действует из года в год, её параметры могут меняться самым случайным образом в течение рабочего дня, месяца, года. Оценкой такого воздействия является усреднённый параметр (α). Ответ организма человека на действие профессиональной вредности во многом индивидуален и зависит от функционального состояния работающего, то есть вредные эффекты (β) от работы в неблагоприятных условиях труда по определению случайны (стохастичны). Поэтому, уместно воспользоваться теорией нормального распределения случайных величин. Для практических вычислений уровней риска можно применить так называемую "пробит - функцию" отражающую связь между вероятностью поражения (заболевания) и поглощённой дозой вредности:

$$Prob = \alpha + \beta * \ln(Dz) \quad (1)$$

где: α – Усреднённая вариабельность параметров профессиональной вредности (константа), β – Стохастичность ответа организма на производственное воздействие (константа), Dz – Доза получаемой профессиональной вредности, $Prob$ – Пробит функция (верхний предел интеграла, выражающего риск неблагоприятных эффектов во взаимосвязи между дозой негативного воздействия и риском)

Практический расчёт по формуле 1 в приложении Excel предполагает использование функции нормального распределения НОРМСТРАСП($Prob$ xx).

Термин пробит-функция ("probability unit") впервые использовал Честер Блисс [1899-1979] в статье, посвящённой количественному анализу смертельного действия ядов (на примере действия никотина на шавелевую тлю). Сейчас метод пробит-анализа особенно популярен в токсикологии. Само использование этой функции нормального распределения для описания зависимости "доза-эффект" восходит к английскому математику J.W. Trevan, показавшему, что интенсивность клеточного ответа на данную дозу лекарственного вещества подчиняется нормальному распределению Гаусса.

Моделирование профессионального риска на этой основе предусматривает несколько последовательных этапов, первым из которых является идентификация опасности (вредности). Задача этапа заключена в гигиеническом изучении условий труда с выделением перечня реальных угроз здоровью работников для составления списка приори-

тетных вредностей – ведущих факторов производственной среды. Методика может и должна оценивать влияние разных вредностей (химических, физических, биологических и других). Рассмотрим только один пример: оценки, анализа и прогноза химического ингаляционного риска.

На рабочих местах производится отбор проб воздуха для санитарно - химического анализа с целью определения значений действующих концентраций или же используются результаты документарных проверок, а также иные источники информации. Необходимо учитывать погрешности санитарно - химического анализа, нормативы, физико-химические и токсические свойства, а также перечень органов-мишеней с тем, чтобы обосновать возможность применения полученной информации в моделировании риска. Основное требование к величинам концентраций используемых в расчётах; валидность, надёжность и достоверность на задаваемый период контакта (от года работы до двадцати пяти лет и более). Неопределённость (случайность!) результатов моделирования зависит от используемых для вычислений концентраций. Ориентировочно, на период до 25 лет и более, максимально-разовые концентрации обеспечивают до 60 – 80 % и более неопределённости результата моделирования, средневзвешенные – до 25 - 60 %, среднесуточные – до 5 – 25 %, среднегодовые – до 3 - 5 %.

Поскольку различают вредный, медленно действующий фактор, приводящий к заболеваниям и опасный, быстро действующий фактор, обуславливающий травму, смерть или острое отравление, то необходимо внести соответствующие различия в результаты моделирования ингаляционного риска. Граница между рисками опасного и вредного действия находится в концентрациях превышающих ПДК в пять-десять раз, поскольку такие превышения для веществ первого и второго класса опасности приводят к острым отравлениям, а для веществ третьего и четвертого класса опасности создать устойчивые концентрации такого порядка практически невозможно.

Для расчёта риска в нашей модели применяем следующий алгоритм:

$$Risk = i\{Prob [\ln(Ur) + \ln(Ind) + \ln(Dz)]\} \quad (2)$$

где: $Risk$ – Вероятность ожидаемого события (исхода, случая, заболевания, например), Ur – Уровень приемлемого риска, Ind – Индекс вредности (отношение реального значения фактора к нормативу), Dz – Доза получаемой вредности (для химического фактора: мг/кг*год), $Prob$ – Пробит функция.

Отличительной особенностью нашей модели от известных работ современной Питерской школы гигиенистов [11] являются:

- отказ от действующей классификации условий труда [9], поскольку её практическое применение даёт до 90 % погрешности результата за счёт несоизмеримости и неоднородности, используемых надпороговых градаций вредности, что и приводит к полуколичественным оценкам [5];

- применение в качестве уравнивающего единого знаменателя (базы, фундамента) шкалы приемлемого риска.

Эта шкала обоснована следующими соображениями. Допустимый уровень риска здоровью принятый в Руководстве по оценке химического риска населения практике для рабочей среды: от 10^{-4} до 10^{-3} случаев на 70 лет жизни индивидуума [7]. За один год работы верхняя граница риска ($10^{-4} / 70$ лет) составит $1,4 * 10^{-6} = 1,4$ события (исхода, случая, заболевания) на миллион работающих в год. Логично предположить, что эта величина может увеличивать-

ся с каждым годом в двух формах: в арифметической прогрессии (с нарастающим итогом) или в геометрической прогрессии. Их выбор для вычислений должен быть определён частными задачами исследования.

Исходный уровень приемлемого риска и его нарастание в заданном периоде работы предназначены для обеспечения фундамента корректного сравнения членов фонового и ожидаемого ряда в расчётах. Вместо шкалы приемлемого риска также можно использовать изменение соотношения номера года к сумме годов в заданном интервале. Вычислительная процедура по формуле 2 оперирует сопоставлением двух временных рядов: фонового и ожидаемого. Формирование ряда *фонового* уровня риска обосновано произведением значения приемлемого риска здоровью (на заданный год стажа) на получаемую дозу вредности, рассчитанную из условия "на границе норматива". Ряд *ожидаемого* уровня риска вычисляется по указанной схеме, но уже на дозу, получаемую из реальных усреднённых пре-

вышений гигиенических нормативов. Разница между этими двумя рядами (по заданным годам стажа) показывает вероятность дополнительных случаев (заболеваний), обусловленных действием (влиянием) отдельных (изолированных) вредностей и/или всей совокупностью профессиональных факторов.

Этап получения однозначных значений профессионального риска обусловленных действием производственной вредности заканчивается **таблицей 1**. Представленные в ней значения риска за пять лет работы вычисляли из условий: ПДК вещества А. не более 1.0 мг/м³ при реальной среднегодовой концентрации 1.8 мг/м³ (класс опасности II, индекс опасности Ind = 1.8), категория физической нагрузки II (а, б) определяет скорость ингаляции вещества - 0,875 м³/час. [1,2]. Получаемая работником доза составит 0,398 мг/кг*год (из расчёта на 8 часовую смену и 250 смен в году).

Таблица 1. **Дополнительные случаи реализации профессионального риска от влияния вещества А (из расчёта 1,4 * 10⁶ случаев в год)**

Стаж (годы)	Шкала приемлемого риска (UR)	Фоновые уровни риска	Ожидаемые уровни риска	Дополнительные случаи риска (относительные единицы на мг/кг*год)	Доля дополнительных случаев в процентах к их сумме
1	2	3	4	5	6
1	1,4 * 10 ⁶	3,5 * 10 ⁻⁹	2,5 * 10 ⁻⁸	2,2 * 10 ⁻⁸	1
2	2,8 * 10 ⁶	2,0 * 10 ⁻⁸	1,3 * 10 ⁻⁷	1,3 * 10 ⁻⁷	7
3	4,2 * 10 ⁶	5,4 * 10 ⁻⁸	3,3 * 10 ⁻⁷	2,8 * 10 ⁻⁷	16
4	5,6 * 10 ⁶	1,1 * 10 ⁻⁷	6,3 * 10 ⁻⁷	5,2 * 10 ⁻⁷	29
5	7,0 * 10 ⁷	1,8 * 10 ⁻⁷	1,0 * 10 ⁻⁶	8,2 * 10 ⁻⁷	46
			Сумма =	1,8 * 10 ⁻⁶	= 100 %

В оценке и анализе профессионального риска для целей его предупреждения, управления, решения социальных и экономических вопросов защиты работника и иных аспектов существует две первоочередные задачи, которые решаются предлагаемой нами методом.

Постановка задачи 1. Оценка априорного ("до опыта") профессионального риска. Сколько дополнительных случаев заболеваний на четвертом году работы будет в популяции из 100 работников, которые контактировали с веществом А. три года подряд?

Решение. Из таблицы 1 берём коэффициент 16 % риска на третий год (доля дополнительных случаев: графа 6, строка 3 таблицы 1). Следовательно, на четвертом году стажа (работы) 16 работников из указанной популяции, возможно, заболеют от влияния химического вещества А. Ожидаемый ущерб предприятию, определён всеми выплатами по нетрудоспособности для 16 человек.

Постановка задачи 2. Оценка апостериорного ("после

опыта") профессионального риска. В популяции из 100 человек, контактирующих с веществом А. в течение трёх-летней работы, заболело 50 человек. Сколько случаев из этого числа обусловлены эффектами от действия указанного химического агента?

Решение. Из таблицы 1 (по строке 3 и графе 6) берём коэффициент 16 % риска на третий год работы. Из 50 заболевших — 8 человек, вероятно, заболело от контакта с химическим веществом. Эти больные принесли ущерб предприятию за счёт выплат по случаям болезней 16 % от фонда зарплаты и прочих фондов.

Заключение. Предложена количественная гигиеническая модель оценки, анализа, прогноза и управления профессиональными рисками здоровья работников, занятых во вредных условиях, наиболее полным образом формирующая результат удовлетворяющий новым требованиям санитарного и трудового законодательства, государственной системы охраны труда.

Литература:

1. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. - 21с. (СанПиН 2.2.4.548-96).
2. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Издательство стандартов, 1988. 75 с.
3. Классификатор видов экономической деятельности по классам профессионального риска / Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25 декабря 2012 г. № 625-н, г. Москва "Об утверждении Классификации видов экономической деятельности по классам профессионального риска".
4. Конвенция Международной организации труда № 187: Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда [Электронный ресурс]. URL: http://www.conventions.ru/view_base.Ph?p?id=425 (дата обращения: 03.11.2013).



5. Красовский В.О. Краткий математический анализ существующих критериев оценки условий труда // Валеологические вопросы взаимодействия соматосенсорных и вегетативных функций в процессе трудовой деятельности: Сборник научных Трудов. - Тверь, Тверской госуниверситет. - 1999. - С. 34 - 41.
6. Профессиональная гигиена: контроль за состоянием производственной среды и здоровье человека: доклад комитета экспертов ВОЗ: Всемирная организация здравоохранения: Женева, 1975 г. - (серия технических докладов, № 535).
7. Р. 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ на окружающую среду / Утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко (Дата введения 5 марта 2004 года).
8. Р. 2.2.1766-03.Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. М.: Минздрав России, 2003 г.
9. Р. 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство: Утв. 15.07.2003 Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко: официальное издание. Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора, Вып.3 (21), сентябрь 2005 год, М.: Информационно - издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. – 152 с.
10. Сабина Н.Н. Профилактика профессиональных рисков педагога в условиях инновационной деятельности образовательного учреждения: автореф. дис... канд. пед. наук / Санкт-Петербург, 2012.
11. Щербо А.П., Мельцер А.В., Киселёв А.В. Оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работающих. - СПб.: Издательство "Терция" 2005.— 116 с.