

УДК 331.452

А.М. ГОЛЫШЕВ, д-р техн. наук, проф.,
Е.В. ПИЩИКОВА, Л.А. ЯНОВА, кандидаты техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОМИНИРУЮЩИХ ПРИЧИН РЕАЛИЗАЦИИ ТРАВМООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ И ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ФАКТОРА

Предлагается математическая модель несчастного случая, выраженная с помощью теории множеств и определяющего фактора для проведения идентификации опасностей и управления профессиональными рисками на промышленных предприятиях.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. За последнее десятилетие в практику управления охраной труда прочно вошло понятие профессионального риска, под которым будем понимать прогностическую вероятность частоты и тяжести неблагоприятных реакций на воздействие вредных факторов производственной среды и трудового процесса. Как показал проведенный анализ, проблемы проведения анализа профессиональных рисков обусловлены сложной природой их возникновения, значительным многообразием номенклатуры показателей, трудностью прогнозирования и тяжестью последствий [1].

Как известно, горнорудная промышленность характеризуется повышенной опасностью для работающих. Так, на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда занято около половины списочного состава работающих. Из них более 70 % работают в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам. В структуре травматизма по видам экономической деятельности доля горно-металлургического комплекса велика и имеет тенденцию к опережающему росту по сравнению с другими отраслями.

Анализ исследований и публикаций Проведенные исследования основных зарубежных направлений оценки профессиональных рисков [2,3] показали, что учет, анализ и управление рисками на промышленных предприятиях являются на сегодняшний день основополагающими направлениями деятельности в области охраны труда и промышленной безопасности.

На сегодняшний день в мировой практике хорошо себя зарекомендовали корпоративные системы управления (менеджмента) качеством, создаваемые на основе международных стандартов серии ISO 9000 Международной организации по стандартизации (ISO), согласно которым система управления охраной труда (СУОТ) является частью общей системы управления предприятием, обеспечивающая управление рисками в области охраны труда, охраны здоровья и безопасности труда.

Международной организацией труда (МОТ) в 2001 г. было принято "Руководство по системам управления охраной труда" (ILO-OSH 2001) [4], которое впоследствии было принято как межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 "Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования ILO-OSH 2001" [5]. Этот ГОСТ действует также и в Украине как межгосударственный стандарт, однако данные о внедрении требований этих документов МОТ на предприятиях Украины пока отсутствуют.

Одним из важнейших требований ILO-OSH 2001 [5], а также OHSAS 18001 являются проведение **идентификации опасностей** и оценка профессиональных рисков для всех категорий работников промышленных предприятий. Требования по оценке профессиональных рисков также содержатся в директивах Европейского Союза [6].

По мнению многих специалистов, оценка и управление рисками в области охраны труда, как самостоятельная отрасль знаний, является молодой, перспективной и достаточно динамично развивающейся наукой. В странах Евросоюза, даже в относительно стабильных технико-экономических условиях, работодатели уделяют пристальное внимание вопросам управления рисками. В то же время, в Украине проблемам анализа и управления рисками в области охраны

труда не уделяется достаточное внимание [7,8,9].

На сегодняшний день основной проблемой при оценке рисков в области охраны труда является отсутствие единой методики, основанной на стандартном подходе, унифицированных критериях и методах оценки условий труда, качественной идентификации опасностей и учёта факторов профессионального риска.

Постановка задач. Недостатки в современной методике оценки рисков травмирования и причин несчастных случаев требуют разработки новой методики, которая позволит установить доминирующие причины реализации травмоопасных ситуаций с целью разработки наиболее эффективных превентивных трудовых мероприятий.

Изложение материалов и результатов исследования. Фактор риска определяется как мера потенциальной опасности технических ошибок и ошибок человека. Он выражает меру опасности для данных обстоятельств и в данной ситуации. Возникновение угрожающего события и травмы обуславливается элементом, который определяет меру опасности или опасного действия. Эта мера может характеризовать качество защитных технических устройств и средств, уровень и количество распоряжений, директив, рабочих процессов, а также особенности психики и квалификации человека.

К основным факторам риска относятся: неправильное проектирование, строительство и устройство рабочего места; неудовлетворительные условия труда; некачественные материалы, оборудование, станки, инструмент; некачественные защитные приспособления и устройства на станки, оборудование и пр. или их отсутствие; неправильное размещение материалов и предметов; нестабильное психическое состояние человека; неэффективная организация и управление СУОТ; прочие ошибки, действие которых еще не распознано, а следовательно и не создана защита от них.

Неправильные действия в свою очередь определяются, как ошибочное поведение человека к которым относят: неправильную деятельность организации; неправильное выполнение надзора мастером, бригадиром; неправильное действие пострадавшего; неправильное действие другого человека.

Подробный перечень источников, факторов риска и неправильных действий должен разрабатываться для конкретных условий предприятий.

Каждое происшествие, авария или несчастный случай имеют свою внутреннюю причину. Учёные, занимающиеся теорией возникновения несчастных случаев, сходятся на том, что причины возникновения несчастных случаев можно разделить на несколько групп [2,10]: причины, зависящие от материала, энергии, оборудования и т.п.; причины, связанные с опасными действиями или опасной средой; причины, вызванные ошибками людей; причины, вытекающие из социальной среды.

Несмотря на то, что существующие классификации причин возникновения несчастных случаев позволяют провести ранжирование причин до малого числа их групп по определенному виду, это значительно затрудняет установление доминирующей общей причины несчастного случая.

Каждый несчастный случай носит стохастический характер возникновения и проанализировать его можно с помощью статистических методов [11-15]. Для этого необходимо определить примерную степень глубины возникновения отдельных причин, а также какие именно причины необходимо проанализировать. Предпосылкой для этого является необходимость знания точных сведений о возникновении несчастных случаев и, прежде всего, их полная достоверность. Объем глубины возникновения причин несчастных случаев позволит определить превентивные меры по управлению профессиональными рисками (рисками травмирования).

Причины, вызывающие несчастный случай, можно выразить с помощью теории множеств. Введем следующие показатели: Z - множество всех ситуаций (т.е. временных моментов), которые способствовали травматизму; R - множество всех ситуаций (т.е. временных моментов), которые возникли, как факторы риска; V - множество всех ситуаций (т.е. временных моментов); приведших к неправильным действиям; D - множество всех ситуаций (т.е. временных моментов), приведших к угрожающим действиям; U - множество всех ситуаций (т.е. временных моментов), приведших к несчастному случаю.

После чего можем записать

$$D = Z_n R_n V, \quad (1)$$

где множество D является пересечением множеств $Z, R, u V$. В связи с тем, что

$$U \subset D, \quad (2)$$

то множество U является частью множества D (рис. 1).

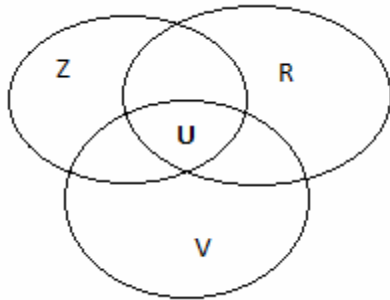


Рис. 1. Моделирование травмоопасных ситуаций, которые могут привести к несчастному случаю

Пересечение множеств Z, R, V представляет собой угрожающее травмированием действие D в широком смысле. Множество ситуаций, ведущих к травмированию (U) является частью (и никогда - целым) пересечения множеств Z, R, V , или в некоторых, особо благоприятных случаях, одновременное воздействие источника, фактора риска и наличие неправильного поведения может не привести к несчастному случаю. Для возникновения несчастного случая необходимо, чтобы все они были в определенном соотношении не только с общим моментом времени, но и с общим местом действия.

Отдельными элементами множества Z, R, V являются временные моменты, с конкретным источником, факторами риска и неправильным поведением.

Отдельными элементами множества Z, R, V являются временные моменты, с конкретным источником, факторами риска и неправильным поведением.

Принимаем, что: Z' - множество источников, т.е. список источников с оценкой значимости; z - элемент множества Z' , т.е. один источник; R' - множество факторов риска, т.е. список факторов риска с ранжированием значимости; r - элемент множества R' , т.е. один фактор риска; V' - множество неправильных действий, т.е. список неправильных действий с оценкой значимости; v - элемент множества V' , т.е. одно неправильное действие; D' - множество угрожающих действий; d - элемент множества D' т.е. один случай потенциальной опасности травмы; U' - множество несчастных случаев, т.е. случаев, которые приводят людей к нетрудоспособности; U - элемент множества U' , т.е. один случай, приведший человека к нетрудоспособности.

Для угрожающего действия и несчастного случая существует следующее правило, определяющее взаимные отношения: к каждому $z \in Z'$ (т.е. к каждому источнику) можно прибавить определенные подмножества

$$R'(z) \subset R' \quad (3)$$

$$V'(z) \subset V' \quad (4)$$

Множества R', V' таковы, что множество $R'(z)$ в некоторых случаях $[V'(z)]$ является множеством тех факторов риска (в некоторых случаях неправильных действий), которые имеют отношение к избранному источнику.

Принимаем

$$[Z, R'(z), V'(z)] = d(z) \quad (5)$$

Выражение (5) при определённых условиях можно назвать угрожающим действием Π (при конкретных условиях), когда

$$R'(z) \neq 0, \quad V'(z) \neq 0,$$

т.е. случаем, когда для данного источника существует хотя бы один фактор риска и хотя бы одно неправильное действие.

Множество D угрожающих действий можно определить как

$$D' = \{d(z) [Z, R'(z), v'(z), V'(z)], R'(z) \neq 0, V'(z) \neq 0\} \quad (6)$$

Для каждого несчастного случая имеется один источник

$$U \rightarrow Z(U) \quad (7)$$

Для каждого несчастного случая

$$U \in U' \quad (8)$$

Откуда

$$[d(u) = z(u), R'[z(u)], v[z(u)]]], \quad (9)$$

т.е. $R'[z(u)] \neq 0, u \quad V'[z(u)] \neq 0$

В данном случае можно отождествить несчастный случай с соответствующим угрожающим действием.

Обычно, число элементов z, r, v во множестве $R'(z), V'(z)$ выражается производным числом K .

Для практического анализа берется $K=1,2$ или 3 из-за трудностей последующего выяснения, которое связано с точностью определения возникновения несчастного случая. Однако для практического анализа это ограничение - не помеха, ибо речь идет о быстром и понятном объяснении зарегистрированных факторов и о статистической обработке результатов с соответствующими издержками и временем.

Ниже проведем интерпретацию полученных результатов. Рассмотрим вероятность возникновения *угрожающего события I*.

Пересечение множеств Z, R, V (характеризующих угрожающее действие D) может возникнуть в случае несогласованного действия источник травмы Z , фактор риска R' и неправильность действия V' в едином месте и центре пространства, но согласованного во времени. При этих обстоятельствах несчастный случай (неработоспособность человека) не наступит. Однако при пересечении множеств Z, R, V возникает ситуация, при которой действуют одновременно элементы z, r, v и это состояние вызвано угрожающим событием (формула 6).

Рассмотрим вероятность возникновения *угрожающего события II*.

Другим характерным случаем может оказаться ситуация, когда угрожающее положение возникает в одном пространственном центре (формула 5). При этом источник, фактор риска и неправильное поведение действуют в одном месте (происходит в пересечении множеств и в одном моменте).

Несмотря на это, до несчастного случая не доходит – спасает счастливый случай или обстоятельства, близкие к нему. В практике такие случаи не учитываются. Отмечаются только недостатки и ошибки, которые хотя и являются элементами (z, r, v) множеств Z', R', V' , но не действуют в пространственном центре и не проявляются как угрожающее событие II. Однако они образуют потенциальную опасность его возникновения.

Поэтому, целью службы охраны труда, как службы по повышению эффективности функционирования СУОТ, могло бы быть определение всех элементов z, r, v , которые могут действовать в одном месте и временном моменте и быть причиной возникновения угрожающего действия II.

Рассмотрим возникновение *несчастного случая*.

В отличие от угрожающего действия несчастный случай представляет собой такое событие, когда возникает неработоспособность человека. Предпосылкой для возникновения несчастного случая является наличие угрожающего действия в пространственном центре, где находится человек (формула 9). В практике учитываются только такие случаи. Причиной случившегося несчастного случая может быть определенный источник, определенное число факторов риска и определенное количество неправильных действий (формула 9).

С одним несчастным случаем отождествляется только один источник (формула 7).

К одному источнику присоединяются не менее одного и не более трех факторов риска (формула 9).

К каждому фактору риска относится не менее одного, но не более трех неправильных действий (формула 9).

В соответствии с вышесказанным, при несчастных случаях имеются постоянно сопутствующие факторы. Их элементы z, r, v можно дополнительно присоединить к элементам множеств Z', R' .

Источник, факторы риска и неправильные действия выражают в комплексе причину несчастного случая и могут захватывать произвольную меру опасности.

На практике бывает необходимо знать ряд дальнейших, подробнейших данных, чтобы по их анализу разработать конкретные мероприятия.

Чрезвычайно трудно перечислить и оценить все элементы множеств источников, факторов риска и неправильных действий, которые могут заинтересовать при анализе.

Нельзя также пренебрегать действительностью и неизвестными до сих пор элементами и их комбинациями, которые существенно влияют на возникновение несчастного случая.

Например, мы определили, что фактором риска был элемент "неполадки в управлении и организации труда".

При подробнейшем делении этот элемент можно определить как "технология добычи", или "рудничное крепление".

Наоборот, не исключено, что элементы "технология добычи" и "рудничное крепление" бу-

дут представлять элемент фактора риска "неправильный проект" или "неисправные машины".

Подобное явление может быть и с элементом фактора риска, который в списке обозначен термином "неблагоприятное состояние работника", а более подробный элемент называется "конфликт".

Таким образом, все элементы, которые есть в перечнях источников, факторов риска и неправильных действий, и которые как-то оценены, можно назвать первичными причинами травмы, а те, которых нет и которые трудно оценить - вторичными.

Выводы и направления дальнейших исследований. Доказано, что существуют состояния, называемые "угрожаемое событие" и "несчастный случай".

Оба состояния носят стохастический характер.

Угрожающее событие и несчастный случай будут возникать, хотя и не будут известны все причины.

Необходимо, прежде всего, обращать внимание на несчастные случаи, наиболее значимые с точки зрения статистики. Количество известных причин у них гораздо больше.

Для проявления угрожающего события необходимо одновременное действие одного источника, не менее одного фактора риска и не менее одного неправильного действия.

Если эти факторы будут действовать одновременно, но в разных местах, угрожающего события не будет, если в одном месте - то произойдет несчастный случай.

Для возникновения несчастного случая необходимо условие одновременного присутствия человека в том месте, где происходит угрожающее действие.

Первичной причиной несчастного случая (и угрожающего действия) является источник, фактор риска и неправильное действие.

Существуют и другие причины несчастных случаев (и угрожающих событий), которые можно назвать вторичными причинами и которые на практике являются важными.

Вторичные причины – это всегда части некоторых первичных причин, более подробно определяющие источник, фактор риска или неправильное действие.

Название вторичных причин зависит от рода деятельности.

Их категории достаточно различны и многочисленны.

Поэтому технически очень трудно разработать оценочный перечень всех возможных вторичных причин из сферы источников, факторов риска и неправильных действий, а также определить и выбрать из них те, которые наиболее влияют на возникновение несчастных случаев.

Существование угрожающего события на сегодня практически не учитывается.

Оно свидетельствует о недостатках на производстве, которые всегда рассматриваются как совокупность источника, факторов риска и неправильных действий.

Так как их действие возникает в различных местах (хотя может быть и в один момент), то нельзя с уверенностью утверждать, что угрожающее действие возникло под влиянием именно тех недостатков, которые были идентифицированы ранее.

Однако и в случае воздействия источника, некоторых факторов риска и некоторых неправильных действий в одном временном моменте и месте, эта действительность учитывается и ее нужно анализировать глубже.

Целью являлось определение правил возникновения угрожающего события и на основе этих знаний разработать меры по предотвращению их воздействия на работников промышленных предприятий.

Список литературы

1. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / под ред. **Н.Ф.Измерова, Э.И. Денисова**. – М.: Троянт, 2003. – 448 с.
2. **Калькис В.** Основные направления оценки рисков рабочей среды / **Калькис В., Крисинтш Иу, Роя Ж.** // Рига: SIA 2005. – 76 с.
3. **А.В. Давыдов** Состояние и направления развития проектирования горных работ / **А.В. Давыдов** // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности : научно-технический журнал. – Кемерово. – 2009. – № 2. – С. 125-128.
4. Руководство по системам управления охраной труда (ILO-OSH 2001). – Женева: МОТ, 2001. – 32 с.
5. ГОСТ 12.0.230 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. ILO-OSH 2001.
6. Директивы Европейского Союза : (ЕС) 89/391/ЕЕС (требования по введению оценки профессиональных рисков в государствах-членах ЕС), 89/654/ЕЕС, 89/655/ЕЕС, 89/656/ЕЕС, 90/269/ЕЕС, 90/270/ЕЕС, 1999/92 ЕС (индиви-

дуальные директивы ЕС о безопасности труда на рабочих местах), 98/24/ЕС, 2000/54/ЕС, 2002/44/ЕС, 2003/10 ЕС, 2004/40 ЕС, 2004/37 ЕС (директивы о защите работников от химических, физических и биологических рисков, канцерогенов и мутагенов).

7. **В.В. Тихоненко** Идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков на АЭС / В.В. Тихоненко // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2010. – Вип. 13. – С. 60-69.

8. Разработка и реализация первоочередных мер по снижению критических рисков травмирования в основных подразделениях ОАО «Высокогорский ГОК» / **Лагутин К.И., Напольских С.А., Кузнецов А.В.** и др. // Библиотека горного инженера-руководителя. – М.: Горная книга, Вып.11. – 2011. – 48 с.

9. **Муртонен М.** Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие / **М. Муртонен** // технический исследовательский центр Финляндии, 2007. – 66 с.

10. **Копыгин В.А.** Совершенствование методов анализа производственного травматизма при эксплуатации очистных механизированных комплексов: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охрана труда» / **В.А. Копыгин**; госуд. Восточн. научно-исследоват. ин-т по безопасности в горной промышл. – Кемерово, 2000. – 20 с.

11. **А.Н. Ширяев** Статистический последовательный анализ, М.: Наука, 1969

12. Математическая энциклопедия (в 5 томах) /Под ред. **И.М. Виноградова.** - М.: Сов. энциклопедия, 1977.

13. **Варпаховский Ф.Л., Солодовников А.С.** Алгебра. Элементы теории множеств. Линейные уравнения и неравенства. Матрицы и определители. - М.: Педагогика, 2004,- 160 с.

14. **Завало С.Т., Костарчук В.Н., Хацет Б.И.** Алгебра и теория чисел. Часть I - Киев: Вища школа, 1977. - 398 с.

15. **Куратовский К., Мостовский А.** Теория множеств. – М.: 2000 – 400 с.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.14

УДК 628.212.2

Н.Н. ПОЛОЦКАЯ, Т.И. БУРЛАЧЕНКО, Е.Н. СТЕБЕЛЬСКАЯ, О.В. СТЕБЕЛЬСКАЯ,
Н.Н. ГОРОН, В.В. БЕЛОУСЕНКО, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В статье предлагаются очистные сооружения для очистки нефтесодержащих ливневых сточных вод городов Украины.

Ключевые слова: вода, стоки, очистные сооружения, очистка, утилизация, осадки.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленности и сельском хозяйстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Рост городов, бурное развитие промышленности, сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Вода - ценнейший ресурс, который жизненно необходим для жизнедеятельности человека. Дождевые стоки - это один из удобнейших источников технической и питьевой воды. Однако для использования в качестве технической, а тем более питьевой - жидкость не должна содержать вредных примесей.

Большая часть поверхностной (дождевой) воды после ее очистки возвращается в реки в виде очищенных сточных вод.

В настоящее время особое значение имеет развитие современных систем очистки и отведения нефтесодержащих ливневых сточных вод, обеспечивающих высокую степень защиты окружающей природной среды от загрязнений.

Значительно влияют на ухудшение качества воды водоемов возвратные дождевые и талые воды с урбанизированных территорий - городов, полигонов отходов, свалок, сельхозугодий, объектов, находящихся на не канализованных территориях.

На современном этапе важным направлением рационального использования водных ресур-