

УДК 614.8: 622.8: 622.33.012.2

А.А. Форсюк

О ПРИРОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ СОБЫТИЙ (ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ — ОПФ) НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Приведен разработанный автором научно обоснованный механизм реализации опасного фактора на производстве. Приведен также анализ травматизма — причины и последствия. Разработан критерий оценки опасности производства.

Ключевые слова: опасный фактор, травматизм.

В качестве элементов внешней среды система «человек — машина — среда», являющихся носителями опасности, выступают различного рода явления, процессы, объекты естественного, антропогенного, техногенного и социального характера, номенклатура которых достаточно велика.

Известно, что *опасность* — это свойство подсистем окружающей среды оказывать в критических условиях негативное воздействие на здоровье и работоспособность человека, взаимодействующего с ней в процессе трудовой деятельности.

Появление опасности (ОПФ) провоцируется бесконтрольным высвобождением энергии, выделением взрывчатых, токсичных, агрессивных газов и веществ, а также действиями человека (осознанными или неосознанными).

Реализация опасности (ОПФ) сопровождается негативными последствиями в виде аварий, взрывов, пожаров, затоплений, выбросов газа и угля, снижением работоспособности, утоплением, заболеванием, травмой.

Непосредственное и опосредованное влияние различных причин природного и техногенного характера на горно-технологические процессы сопровождается реализацией взаимо-

обусловленных и связанных в единую систему ОПФ.

Такая система, представленная разнородными и независимыми подсистемами, может рассматриваться как самостоятельная, открытая рефлексная система, доступная влиянию внешних воздействий и реагирующая на них определенным образом.

Автором разработан и научно обоснован механизм реализации ОПФ для условий угольной шахты, представленный на социо-горнотехнической системой, включающий шесть подсистем: «производственная среда», «технология», «машины», «персонал», «выработки», «материалы» (рис. 1).

Подсистема «производственная среда» рассматривается как совокупность признаков, влияющих на остальные подсистемы.

Подсистема «технология» характеризует основные процессы работ и отражает опасности, обусловленные пространственно-временными схемами взаимодействия машин и персонала.

В подсистеме «машины» раскрываются признаки применяемых технических средств на основных технологических процессах: типы комплексов, проходческих комбайнов, электровозов, машин и механизмов.

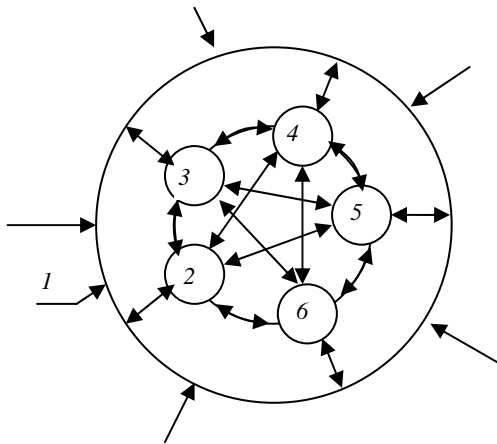


Рис. 1. Механизм реализации производственных опасностей (ОПФ) в угольной шахте: 1 — производственная среда; 2 — технология; 3 — машины; 4 — персонал; 5 — выработки; 6 — материалы

Подсистема «персонал» характеризует состояние социологических факторов и социальной обстановки, влияющих на уровень безопасности производства в угольных шахтах.

Подсистема «выработки» отражает основные технологические процессы в очистных, подготовительных и транспортных выработках.

Подсистема «материалы» включает крепежные элементы, изделия, конструкции, монтируемое и демонтируемое оборудование.

Следовательно, опасность в разнообразии своих проявлений — это ситуация, постоянно присутствующая в окружающей среде и способная в определенных условиях привести к реализации опасного события (ОПФ).

Таким образом, реализация опасности — это в общем случайное событие (явление), определяемое вероятностью его появления. Отсюда, количественная оценка опасности — это процесс оценки численных значений вероятностей наступления опасных событий (ОПФ).

Однако, к достоверности получаемых оценок следует подходить осторожно, принимая во внимание оценку неопределенностей при определении их вероятностей. В работе рассматривается только индивидуальная опасность — вероятность поражающих воздействий определенного вида (травма), возникающих при реализации конкретных опасностей в определенной точке пространства (там, где находится человек).

Исследованиями автора установлено, что производственный травматизм обусловлен, с одной стороны, несвоевременным обеспечением информацией об опасных производственных факторах в связи с отсутствием соответствующей информационной базы и, с другой стороны, недостаточной эффективностью применяемых способов и средств профилактики травматизма, а также с отсутствием системного анализа причин травматизма и их взаимосвязи в единой социо — горнотехнической системе, а также с неадекватными действиями как горнорабочих, так и должностных лиц. Так, неадекватные действия горнорабочих вызвали травмирование 35 % горнорабочих очистного забоя, 19 % — проходчиков, 10 % электрослесарей и 9 % машинистов горных выемочных машин. Около 75 % всех несчастных случаев произошло из-за неадекватных действий должностных лиц на различных ситуациях производства (проектирование, планирование, организация производства и общее руководство работами). Максимальное количество неадекватных действий совершается на стадии организации работ (63 %) и около 40 % — в процессе руководства ими.

Анализ причин неадекватных действий горнорабочих показал, что в

30 % случаев травматизм обусловлен беспечным отношением к выполнению работ при явных опасностях и несоблюдением правил ТБ; в 18 % случаев — несерьезным отношением к личной безопасности; в 9 % случаев — неосторожным выполнением рабочих движений и принятием опасных положений.

Большинство несчастных случаев на производстве — события случайные, зависящие от многих причин и ОПФ и независящие во времени друг от друга. Это свидетельствует о том, что все ОПФ, приводящих к травмам, относятся к непересекающимся множествам событий во времени (кроме групповых НС) и не связаны друг с другом. Поэтому имеются все основания рассматривать сумму некоторого числа ОПФ, приводящих к травмам за выбранный масштаб времени (смену, декаду, месяц, квартал, год и т.д.), как поток случайных событий, описываемый основными закономерностями простейшего потока в соответствии с законом Пуассона.

Автором доказано, что эмпирические данные по травматизму в шахте с удовлетворительной степенью аппроксимируются простейшим пуассоновским потоком, согласно которому вероятность реализации ровно m ОПФ за выбранный масштаб времени T определяется по выражению:

$$P_m = \frac{(\lambda \cdot T)^m}{m!} \cdot e^{-\lambda T} = \frac{\alpha^{-\lambda T}}{m!} \cdot e^{-\alpha}, \quad (1)$$

тогда вероятность реализации хотя бы одного ОПФ будет иметь вид:

$$P_1 = 1 - e^{-\alpha}. \quad (2)$$

Вероятность реализации хотя бы одного ОПФ за выбранный масштаб времени принята за критерий опасности производства R , то есть:

$$R = P_1 = 1 - e^{-\alpha} \quad (3)$$

Вероятность того, что за выбранный масштаб времени не произойдет ни одного ОПФ, имеет вид:

$$P_0 = e^{-\alpha} \quad (4)$$

Данная вероятность принята за критерий безопасности производства, то есть:

$$S = P_0 = e^{-\alpha} \quad (5)$$

где m — число ОПФ; λ — интенсивность травматизма на исследуемом производстве число НС/Т; T — выбранный масштаб времени (смена, декада, месяц, год и т.д.); α — математическое ожидание числа НС за время T (среднее количество опасных событий за время T , $\alpha = \lambda \cdot T$); s — критерий безопасности производства; R — критерий опасности производства; e — основание натуральных логарифмов.

Для количественной оценки R и S необходимо определить λ по выражению:

$$\lambda = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — ОПФ существующей (проектируемой) системы производства.

Параметр λ вычисляется по разработанным статистическим моделям травматизма основных производственных процессов подземных горных работ в угольной шахте. При $\lambda \rightarrow \min$, $R \rightarrow \min$, $S \rightarrow \max$. Из этого следует, что из конкурирующих вариантов производств предпочтение отдается тому, у которого S имеет максимальное значение.

Разработанные критерии количественной оценки опасности (безопасности) производства отличаются участки математического ожидания числа ОПФ в перспективе. данный параметр позволяет как для действующего

производства, так и на стадии его проектирование отвергать технические решения и проекты с уровнем опасности работ больше допустимого, отдавая предпочтения тем, у которых он ниже за счет минимизации вероятности травмирования (риска) горнорабочих на базе оптимизации по фактору безопасности параметров основных производственных процессов подземных горных работ.

Согласно классической теории вероятностей, вероятность травмирования (риск) горнорабочего определяется по выражению: $P = A/B$, при условии, что $\lim A/B$ стремится к P при B , стремящемся к бесконечности. Где P — статическая частота травмирования, равная эмпирической вероятности (риску) за выбранный масштаб времени; A — количество травмированных на производстве за выбранный масштаб времени; B — число персонала, подвергающегося опасности за выбранный масштаб времени.

Кроме приведенного метода количественной оценки уровня опасности (безопасности) производства автором на основе модели несчастного случая разработана модель оценки производственного риска:

$$R = \sum_i T_i \cdot P_i \cdot W_i, \quad (6)$$

где T_i — группа тяжести травмы ($i = 1, 2, \dots, k; k = 6$); 1 — микротравма; 2 — легкая травма; 3 — травма 3-й группы инвалидности; 4 — травма 2-й группы инвалидности; 5 — травма 1-й группы инвалидности; 6 — смертельная травма, P_i — вероятность травмы i -й группы тяжести:

$$P_i = \sum_{\alpha} \sum_{\beta} P_{\alpha} \cdot P_{\beta\alpha} \cdot P_{i\beta\alpha}, \quad \forall_i, \quad (7)$$

где P_{α} — вероятность реализации α ОПФ ($\alpha = 1, 2, \dots, k$); 1 — обрушение;

2 — машины и механизмы; 3 — транспортные средства; 4 — взрыв газа и пыли; $P_{\alpha\beta}$ — вероятность β -й травмы от α ОПФ ($\beta = 1, 2, \dots, k$); $P_{i\alpha\beta}$ — вероятность i -й группы тяжести β -й травмы от α ОПФ; W_i — ущерб от реализации ОПФ с учетом группы тяжести травмы; \forall_i — «предиката» является константой для всех значений i .

$$W_i = \sum_i q_i \cdot U_i, \quad \forall_i, \quad (8)$$

где q_i — доля ОПФ i -й группы тяжести травмы; U_i — потери от i -й группы тяжести травмы, руб, чел.-ч, дней нетрудоспособности;

$$q_i = \alpha_i / \sum \alpha_i, \quad \forall_i \quad (9)$$

где α_i — число ОПФ i -го класса тяжести ($i = 1, 2, \dots, k$).

При $i=1$, $\alpha_i = \sum \alpha_i$ выражение (12) примет вид:

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^k U_i}{\sum \alpha_i}, \quad \forall_i \quad (10)$$

Разработанные характеристики количественной меры опасности являются критериями сравнения уровня опасности (безопасности) технологических процессов, позволяющих выявить наиболее опасные производственные факторы и причины травматизма, оценить степень участия человека в производственной деятельности и эффективности средств защиты в обеспечении безопасных условий работ, классифицировать производство по вероятности травмирования (риску) персонала и научно обоснованно разрабатывать систему организационных, технических и социально-экономических мероприятий по эффективному снижению вероятности травмирования (риска) и компенсации наиболее опасных условий работы.

Разработанные критерии оценки опасности производства принципиально отличаются от существующих статистических показателей коэффициентов частоты и тяжести травматизма, применяемых для оценки опасности производства в настоящее время. Данные критерии по природе своей являются активными, так как включают важный параметр — математическое ожидание опасных событий в перспективе.

Какой же уровень опасности можно считать предельно допустимым применительно к реальным условиям. На наш взгляд, ориентировочным уровнем безопасности в настоящее время может быть уровень безопасности, достигнутый передовыми угольными предприятиями ($S = 0,59$).

Уровень безопасности производства в угольной промышленности должен стремиться по количественной величине к безопасности производства на самых лучших ее предприятиях.

Известно, что несмотря на опасность производства, оно не может быть закрыто до тех пор, пока объективно существует потребность общества в продукции данного производства, хотя известно, что часть людей будет травмирована, приобретет профзаболевания, а часть может погибнуть. Стремясь свести к минимуму опасность производства, общество передает наиболее опасные процессы и операции технике, сводя до минимума участие человека в этих процессах. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Форсюк Александр Александрович — доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет.



ГОРНАЯ КНИГА-2012



Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами

В.Г. Гридин, А.Р. Калинин, А.А. Кобяков, А.В. Корчак,
А.В. Мясков, И.В. Петров, С.М. Попов, В.Ф. Протасов,
И.А. Стоянова, В.А. Умнов, В.А. Харченко

2012 год

752 с.

ISBN: 978-5-98672-256-6

UDK: 622:330.15

Изложены основы взаимоотношений между человеком и природной средой. Даны понятия, классификации и характеристики природных и техногенных ресурсов. Рассмотрены наиболее значимые положения правового и организационного регулирования природопользования и охраны окружающей среды. Представлено современное состояние экономического регулирования использования природных и техногенных ресурсов.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Горное дело» и «Физические процессы горного или нефтегазового производства». Может быть полезна преподавателям, ученым и специалистам, занятым в сфере экологии, охраны окружающей среды и экономики природопользования.