

ПРОГНОЗ РИСКА АВАРИИ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

А. А. Майоров

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: Л. Н. Русая, Ю. В. Морозова

Двигаясь по пути технического прогресса, человек подвергает себя все большему риску. Растет мощность промышленных установок, усложняются технологии,

возрастает влияние предприятий друг на друга, работа оборудования все больше зависит от правильности действий персонала, управляющего им. Литейное и металлургическое производство – часть техносферы, где были и остаются источники опасности. В соответствии с Законом Республики Беларусь «О промышленной безопасности», объекты, на которых получают, транспортируются, используются расплавы черных и (или) цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов, являются опасными производственными объектами (ОПО).

Авария – разрушение опасных производственных объектов и (или) потенциально опасных объектов, в том числе эксплуатируемых на опасном производственном объекте; неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Анализ риска аварии – процесс идентификации опасностей и оценки риска аварии на ОПО для отдельных лиц или групп людей, имущества или окружающей среды.

Идентификация опасностей аварии – процесс выявления и признания, что опасности аварии на ОПО существуют, и определения их характеристик.

Основной причиной несчастных случаев являются нарушение технологических процессов, недостатки в организации и осуществлении производственного контроля, низкий уровень трудовой, производственной дисциплины и организации работ, личная неосторожность пострадавших.

Для организации безопасной работы оборудования и агрегатов на литейном и металлургическом предприятии существует система управления промышленной безопасностью, обеспечивающая выполнение ряда организационных и технических мероприятий, направленных на своевременное выполнение требований промышленной безопасности, мониторинг технического состояния оборудования и агрегатов и снижение риска возникновения аварий.

Одна из составляющих системы управления промышленной безопасностью предприятия – анализ риска аварий, включающий идентификацию опасных веществ и оценку риска аварий для людей, имущества и окружающей среды.

Общая последовательность количественной оценки риска приводится в виде блок-схемы, которая представляет собой алгоритмическую модель оценки частоты и тяжести последствий аварии на ОПО, каждая итерация которой включает не менее 21 шага. Рассматривая поэтапно схему, можно отметить, что непосредственными источниками опасности ОПО литейного и металлургического производства являются плавильные агрегаты, разливные ковши.

По результатам рассмотрения 32 инцидентов, основными причинами выброса расплава являются: взрывы (81 % всех инцидентов); бурное протекание химических реакций в агрегате (16 %); 35 % от числа взрывов произошло из-за загрузки в агрегат взрывоопасных веществ (воды, масла, взрывчатых веществ, неустановленных взрывоопасных предметов); 46 % взрывов произошло вследствие попадания в расплав воды из системы охлаждения; 11 % взрывов произошло из-за взаимодействия металла с влагой, содержащейся в футеровке агрегата (ковша, в который сливается металл или желоба, по которому он сливается); 8 % взрывов произошло из-за взаимодействия расплава с водой, находящейся на полу цеха.

Для выявления сценариев нежелательного высвобождения энергозапаса используют как эмпирические данные, так и результаты моделирования. В качестве моделей применяют «дерево отказов» и «дерево событий» (для шагов 10–12 блок-схемы).

На рис. 1 представлена разработанная нами простая модель «дерева отказов» для возможного случая выброса жидкого металла из индукционной плавильной установки.

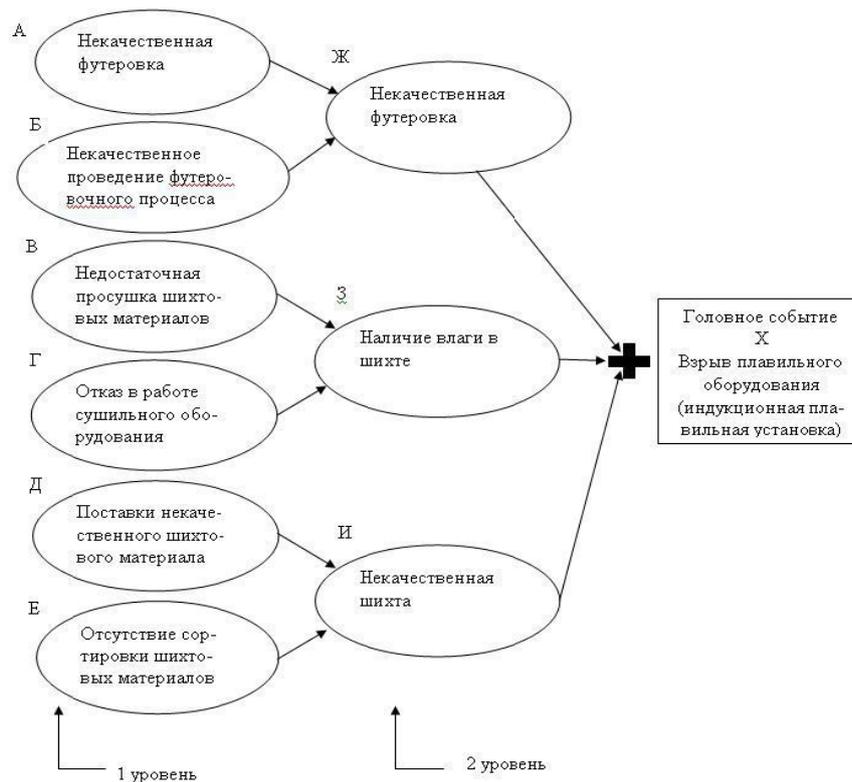


Рис. 1. Простая модель «дерева отказов» для возможного случая выброса жидкого металла из индукционной плавильной установки

Для определения исходных предпосылок и промежуточных событий при аварии при взрыве плавильного оборудования применялся метод Дельфи, при котором каждый из многочисленных сценариев возникновения аварийной ситуации в течение заданного интервала времени эксперты характеризуют одной из трех градаций оценочной шкалы с соответствующими интервальными значениями вероятности осуществления данной ситуации:

1. Представляется возможным, может считаться предвидимым в разумных пределах (reasonably foreseeable): вероятность $Q > 10^{-2}$.
2. «Очень неправдоподобен» (very unlikely): $10^{-4} < Q < 10^{-2}$.
3. «В высшей степени неправдоподобен» (extremely unlikely): $Q < 10^{-4}$.

Более детализированной является оценочная шкала, предложенная Хантером и представленная в табл. 1.

При моделировании условий, необходимых и достаточных для того чтобы произошёл взрыв печи, учтены 3 причины первого уровня Ж, З, И, каждая из которых вызвана двумя причинами – соответственно, (А, Б), (В, Г), (Д, Е), рассматриваемыми для отказа как исходного события.

Наименования и коды учитываемых исходных предпосылок и промежуточных событий, приведших к исследуемому происшествию, приведены в табл. 2.

Таблица 1

**Связь между количественными характеристиками возможности события
и значениями соответствующей вероятности (шкала Хантера)**

Качественная характеристика возможности события	Вероятность
Событие является достоверным или гипотезу о нем можно считать весьма правдоподобной	1
Событие не может считаться достоверным, но гипотеза о нем представляется правдоподобной	10^{-1}
Гипотеза о событии представляется неправдоподобной, однако ее нельзя исключить	10^{-2}
Событие, вероятно, не произойдет — судя по имеющимся данным, его надо считать невероятным, однако эти данные вызывают сомнение	10^{-3}
Данные о событии являются надежными, но гипотеза о том, что оно произойдет, весьма неправдоподобна	10^{-4}
Событие физически возможно, но оно почти наверняка не произойдет	10^{-5}
С учетом всех имеющихся данных, событие надо считать физически невозможным	10^{-6}

Таблица 2

Предпосылки взрыва в плавильной печи

Код	Наименование исходных и промежуточных событий	P_i
1	Некачественные футеровочные материалы	1
2	Некачественное проведение процесса футеровки (ТП)	10^{-6}
	Некачественная футеровка	—
3	Недостаточное просушивание шихтовых материалов	10^{-1}
4	Отказ в работе сушильного оборудования	10^{-2}
	Влага в шихте	—
5	Поставка некачественного шихтового материала (отсутствие сортировки, разделки)	10^{-1}
6	Отсутствие сортировки шихтовых материалов	10^{-2}
	Некачественные шихтовые материалы	—

Более точные выводы дает количественный анализ, проведенный с помощью такой структурной функции дерева отказов. Так, после подстановки вероятностей P_i в формулу, имеем:

$$\begin{aligned}
 Q(X) = & 1 - [(1 - P_1P_2)(1 - P_1P_3)(1 - P_1P_4)(1 - P_1P_5)(1 - P_1P_6) \times \\
 & \times (1 - P_2P_3)(1 - P_2P_4)(1 - P_2P_5)(1 - P_2P_6)(1 - P_3P_5)(1 - P_4P_6) \times \\
 & \times (1 - P_3P_6)(1 - P_5P_6)] = 0,7702567,
 \end{aligned}$$

где $Q(X)$ и P_i ($i=1-6$) – соответственно, вероятности рассматриваемых происшествий и предпосылок к ним – событий из табл. 1 и 2.

Так как вероятность $Q(X) > 10^{-2}$, то можно сделать вывод, что рассматриваемая ситуация представляется возможной и может считаться предвиденной.

Таким образом, можно просчитать развитие сценариев возможных ситуаций, их количественные характеристики, возможный ущерб материальных и людских ресурсов.

Без учета данных прогнозирования аварий на опасных производственных объектах нельзя планировать развитие территорий, принимать решения на строительство промышленных объектов, разрабатывать планы по предупреждению и ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций.