

УДК 658

Моделирование происшествий на участке литья под давлением в литейном цехе

Щёлокова Т.Д.

Целью статьи является анализ эффективности обеспечения требуемого уровня безопасности, а также снижение риска возникновения происшествий при литье под давлением. В данной работе рассматриваются наиболее часто встречаемые аварийные ситуации на производстве. С помощью моделирования при построении дерева происшествий были выявлены наиболее слабые места системы. На основе разработки модели дерева исходов была произведена оценка ущерба от происшествия с целью предварительного определения ожидаемого ущерба, а также дано обоснование наиболее эффективных мер по его снижению. Рассмотрены оптимизационные задачи, которые направлены на повышение безопасности и снижение производственного риска: контроль технического состояния используемого оборудования; организационные мероприятия по снижению тяжести работ и улучшению условий труда; автоматизация процессов управления. После проведения данных мероприятий удалось снизить риск возникновения происшествий и добиться экономической эффективности.

Ключевые слова: вероятность события, дерево происшествий, дерево исходов, качественный анализ, оптимизация модели.

Accident modeling at the die casting division in the foundry

Shchelokova T.D.

The paper is aimed to analyze the effectiveness of providing the required safety level as well as reducing the risk of accidents during die casting process. The most frequent accidents in the workplace are discussed. The system weaknesses have been identified by creating the accident tree through accident simulation. Based on the initial tree model, the damage resulting from accidents with a view to pre-determine the expected losses is estimated, as well as the most effective measures to reduce damage are specified. Optimization problems, aimed at improving safety and reducing operational risk, are considered: monitoring the equipment operating condition; organizational measures to reduce work severity and to improve working conditions; automation of management processes. On completing these events, accident risk has been reduced and economic efficiency has been achieved.

Keywords: event probability, accident tree, initial tree, qualitative analysis, model optimization.

Введение

Технологический процесс литья под давлением заключается в переработке цветных металлов путем впрыска их расплава под давлением в пресс - форму с последующим охлаждением. Известно, что неустойчивость в поведении системы ЧМС рассматривается как появление предпосылок к возникновению происшествий, вызванных различными воздействиями. При этом возникновение происшествий в силу указанных причин является следствием либо превышения параметров воздействия над возможностями адаптации системы, либо запаздывания реакции системы на

эти воздействия [1]. Определить стратегию решения проблем аварийности и травматизма на участке литья под давлением, помогает анализ, который позволяет выявить и четко описать источники опасности, пути их реализации, основные причины аварий и несчастных случаев.

Целью статьи является поиск путей снижения риска травматизма на участке литья и уменьшения себестоимости получения отливок.

Разработка модели дерева происшествий

Аварийность и травматизм в технической сфере можно описать с помощью теории слу-

чайных процессов, а объектом изучения является случайный процесс возникновения происшествий на производстве.

Для анализа используем моделирование. Модель потока происшествий, отражающая причинно-следственные цепи возникновения происшествий из-за отдельных предпосылок, может быть построена на основе так называемого дерева происшествий.

Рассмотрим вопрос на примере участка литья под давлением литейного цеха АО «МЗ РИП». В качестве головного события определено происшествие на участке. Коды событий, учитываемые моделью, а также вероятности исходных предпосылок представлены в таблице 1 [2]. Построенная модель дерева происшествий представлена на рисунке 1.

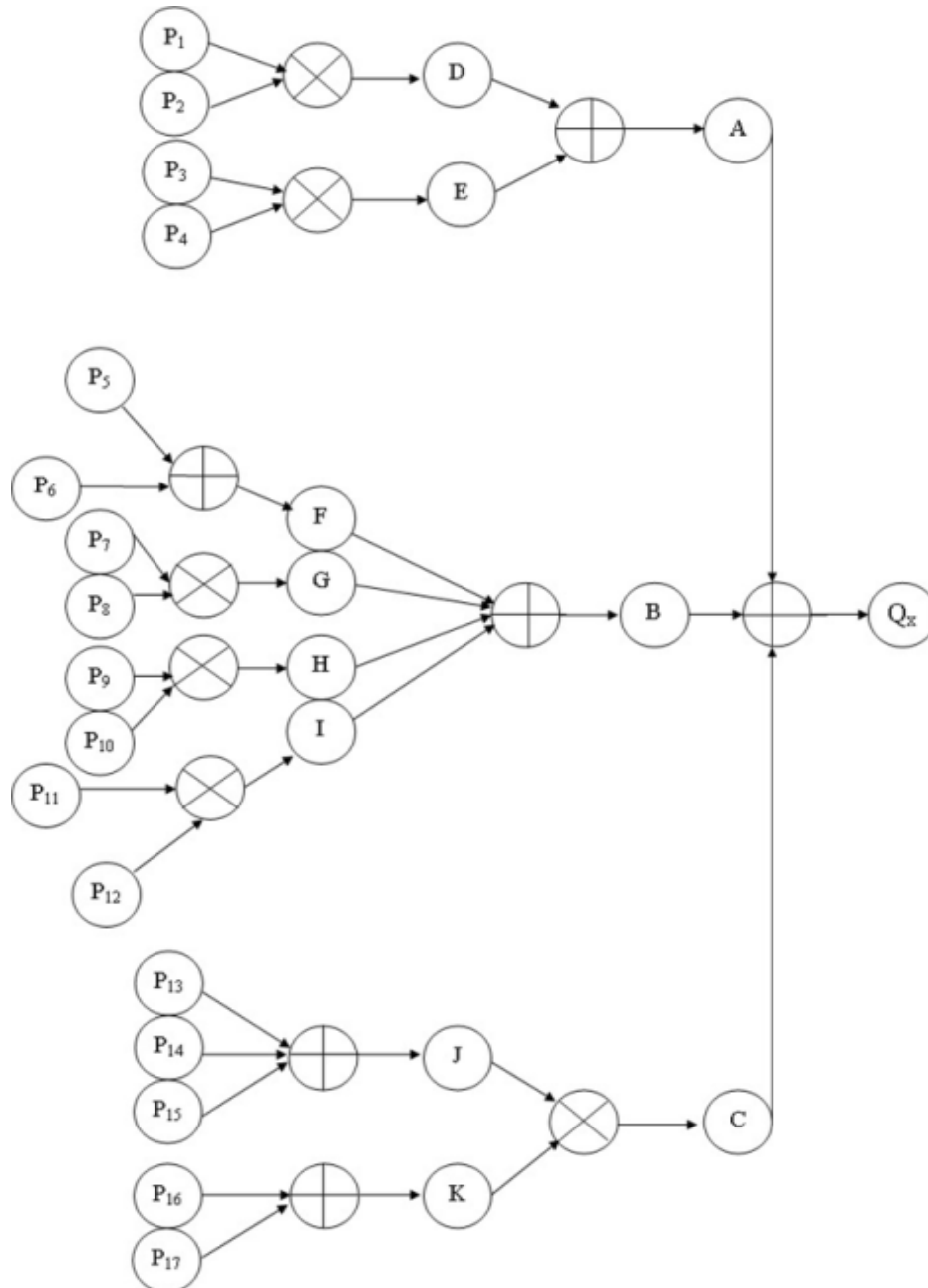


Рис. 1. Модель дерева происшествий

Таблица 1. События и вероятности предпосылок

№ события	Событие	P_i вероятность возникновения события
1	Образование конденсата	0,0003
2	Попадание в сплав жидкости	0,0004
3	Понижение давления	0,00005
4	Остановка работы литейной машины	0,0007
5	Нарушение временных параметров	0,0002
6	Неверный температурный режим	0,00032
7	Отказ датчиков температуры	0,00006
8	Отказ устройства защиты	0,00007
9	Открытие дверцы печи во время работы	0,0004
10	Выгрузка при рабочей печи	0,00007
11	Неисправность инструмента	0,0002
12	Нарушение ТБ	0,0037
13	Повышенные температуры оборудования	0,0048
14	Физические перегрузки	0,0030
15	Повышенные уровни шума и вибраций	0,0058
16	Ошибки рабочего	0,00064
17	Недостаточная подготовленность	0,00043
D	Перепад температуры	$1,2 \cdot 10^{-7}$
E	Разгерметизация гидравлического устройства	$3,5 \cdot 10^{-8}$
F	Перегрев печи	$5,199 \cdot 10^{-4}$
G	Система защиты не сработала	$4,2 \cdot 10^{-9}$
H	Выброс металла	$2,8 \cdot 10^{-8}$
I	Разлив металла	$7,4 \cdot 10^{-7}$
J	Тяжелые условия труда	0,014
K	Человеческий фактор	$1,07 \cdot 10^{-3}$
A	Авария литейной машины	$1,55 \cdot 10^{-7}$
B	Авария плавильной печи	$5,207 \cdot 10^{-4}$
C	Травма рабочего	$1,448 \cdot 10^{-5}$
Q _x	Происшествие	$5,353 \cdot 10^{-4}$

Математическая модель дерева происшествий:

$$Q_x = A \vee B \vee C = [(D \vee E) \vee (F \vee G \vee H \vee I) \vee (J \wedge K)] = [(P_1 \wedge P_2 \vee P_3 \wedge P_4) \vee (P_5 \vee P_6 \vee P_7 \wedge P_8 \vee P_9 \wedge P_{10} \vee P_{11} \wedge P_{12}) \vee (P_{13} \vee P_{14} \vee P_{15} \wedge P_{16} \vee P_{17})]. \quad (1)$$

Вероятность головного события составила $5,353 \cdot 10^{-4}$. Пределы от 10^{-5} до 10^{-3} соответствуют третьему классу опасности, который относится к опасным объектам [4].

Таким образом, производство отливок с помощью литья под давлением имеет высокую степень возникновения происшествий.

Разработка модели дерева исходов

Дерево исходов имеет одно событие, называемое центральным, и несколько исходящих из него ветвей. В качестве центрального события всегда рассматривается происшествие (головное событие соответствующего дерева), а ветви это сценарии причинения ущерба.

В отличие от дерева происшествия, дерево исходов не имеет логических узлов «И» и «ИЛИ». Данная модель представляет собой вероятностный граф (многоярусное дерево решений), построенное таким образом, что сумма вероятностей каждого разветвления должна составлять единицу. Иначе говоря, все события каждого уровня должны образовывать полную группу независимых событий.

Построим модель дерева исходов. В качестве головного события определено происшествие на участке литья под давлением. Построенная модель представлена на рисунке 2.

В таблице 2 представлены характеристики сценариев происшествий [2].

Сумма вероятностей будет равна:

$$P_{11} = 0,02 + 0,03 = 0,05; \quad (2)$$

$$P_{12} = 0,1 + 0,15 = 0,25; \quad (3)$$

$$P_{13} = 0,3 + 0,4 = 0,7; \quad (4)$$

$$Q_x = P_{11} + P_{12} + P_{13} = 1. \quad (5)$$

Далее проведем оценку ущерба от происшествия. Оценка проводится на основе дерева исходов, с целью предварительного определения ожидаемого ущерба, а также обоснование наиболее эффективных мер по его снижению.

Произведем расчет среднего количества вредных веществ или энергии высвобождающихся в результате происшествий [5]:

$$MV = \sum_{i=1}^n P_{1i} \cdot V_{1i}, \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^n P_{1i}$ - сумма вероятностей; V_i - объем выделяющихся веществ, кг.

По данным предприятия, известно, что при производстве 1 т отливок выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксидов углерода, 1,5-2 кг, оксидов серы и азота и до 1,5 кг, других вредных веществ. Таким образом, среднее количество

вредных веществ или энергии высвобождающихся в результате происшествий равно 16,55 кг.

Далее определяем среднюю площадь опасной зоны или зоны ЧС подверженной воздействию [5]:

$$MS = \sum_{i=1}^n P_{1i} \cdot S_{1i}, \quad (7)$$

где $\sum_{i=1}^n P_{1i}$ - сумма вероятностей; S_i - площадь рассматриваемого участка, м².

Площадь участка литья под давлением равна 576 м². Таким образом, средняя площадь опасной зоны равна 576 м².

Расчет среднего ожидаемого социально - экономического ущерба [5]:

$$MY = \sum_{j=1}^n P_{2i} \cdot Y_{2j}, \quad (8)$$

где $\sum_{j=1}^n P_{2i}$ - сумма исходов; Y_{2j} - ущерб от происшествия, руб.

Исходы равны [2]: $P_{21} = 0,03$; $P_{22} = 0,04$; $P_{23} = 0,05$; $P_{24} = 0,08$; $P_{25} = 0,3$; $P_{26} = 0,5$.

Ущерб равны [2]: $Y_1 = 1500000$ руб.; $Y_2 = 250000$ руб.; $Y_3 = 150000$ руб.; $Y_4 = 50000$ руб.; $Y_5 = 24000$ руб. $Y_6 = 3500$ руб.

Таким образом, средний ожидаемый социально - экономический ущерб равен 75450 руб.

Качественный анализ дерева происшествий

Качественный анализ позволяет выявить причины происшествий, которые оказывают наибольшее влияние на процесс аварийности и травматизма. При этом дают оценку значимости и критичности предпосылок. Предпосылка в модели дерева происшествий является значимой, если ее появление приводит к возникновению происшествия или наибольшему росту Q_x . Предпосылка в дереве происшествия является критичной, если её не возникновение приводит к тому, что происшествие не возникает, либо Q_x стремится к нулю. В модели одна и та же предпосылка может быть, как значимой, так и критичной.

Для определения снижения возникновения влияния предпосылок нужно провести модельный эксперимент, вычислив значения Q_x

при $P_i=1$ $P_i=0$. Определим значимые и критичные предпосылки.

Для количественной оценки степени влияния предпосылок используем несколько критериев:

Показатель Бирнбаума λ_i^B , рассчитывают либо взятием частной производной от Q_x по P_i , либо, как разность между вероятностями головного события до и после появления интересующих нас событий или их подмножеств:

$$\lambda_i^B = \frac{\partial Q}{\partial P_i} = Q_{\max} - Q_{\min} = Q^1 - Q^0, \quad (9)$$

где Q^1 – вероятность возникновения предпосылки; Q^0 – вероятность до возникновения предпосылки [3,5].

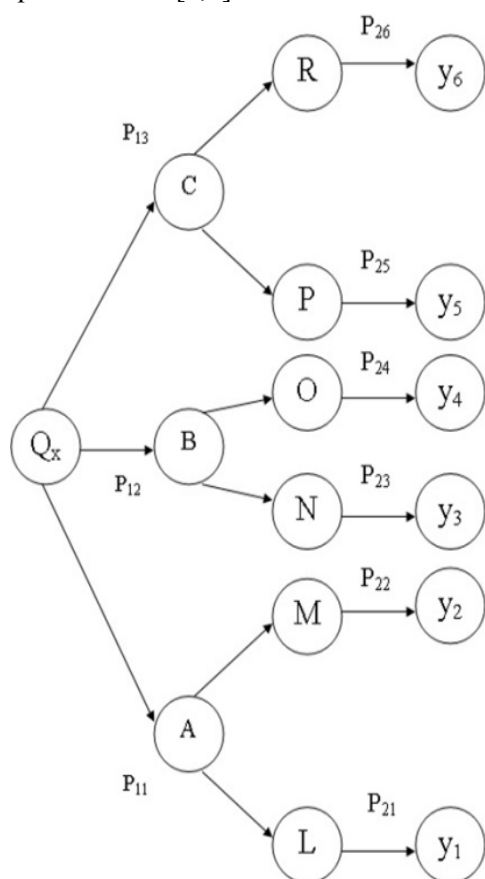


Рис. 2. Модель дерева исходов.

Критерий Фусселя - Везели, измеряемый вероятностью того, что конкретное исходное событие или минимальное сочетание предпосылок дерева происшествия способствуют появлению его головного события:

$$\lambda_i^{FV} = \frac{P_i}{Q_x} \cdot 100 \%, \quad (10)$$

где – вероятность возникновения события; Q_x – происшествие на участке литья под давлением [5].

По столбцу Q^1 выбираем значимые предпосылки, а по столбцу Q^0 определим критичные.

Значимыми предпосылками являются: нарушение временных параметров - $P_5 = 1$; неверный температурный режим -

$P_6 = 1$; повышенные температуры оборудования $P_{13} = 0,0016$; ошибки рабочего $P_{16} = 0,01413$; недостаточная подготовленность $P_{17} = 0,01413$.

Минимальные пропускные сочетания и минимальные отсечные сочетания

Минимальное пропускное сочетание (МПС) включает в себя наименьшее число тех исходных предпосылок дерева происшествия, одновременное появление которых достаточно для прохождения сигнала от них до головного события.

Запишем логическое выражение дерева происшествий.

$$X = A + B + C = (D + E) + (F + G + H + I) + (J \cdot K) = (P_1 \cdot P_2 + P_3 \cdot P_4) + (P_5 + P_6 + P_7 \cdot P_8 + P_9 \cdot P_{10} + P_{11} \cdot P_{12}) + [(P_{13} + P_{14} + P_{15}) \cdot (P_{16} \cdot P_{17})] = (P_1 \cdot P_2 + P_3 \cdot P_4 + P_5 + P_6 + P_7 \cdot P_8 + P_9 \cdot P_{10} + P_{11} \cdot P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15}) \cdot (P_{16} + P_{17}) = P_1 \cdot P_2 \cdot P_{16} + P_1 \cdot P_2 \cdot P_{17} + P_3 \cdot P_4 \cdot P_{16} + P_3 \cdot P_4 \cdot P_{17} + P_5 \cdot P_{16} + P_5 \cdot P_{17} + P_6 \cdot P_{16} + P_6 \cdot P_{17} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{16} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{17} + P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{16} + P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{17} + P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{16} + P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{17} + P_{13} \cdot P_{16} + P_{13} \cdot P_{17} + P_{14} \cdot P_{16} + P_{14} \cdot P_{17} + P_{15} \cdot P_{16} + P_{15} \cdot P_{17}. \quad (11)$$

Каждое слагаемое в данном выражении определяет МПС, таким образом, всего 20 МПС. Сделаем вывод, что самыми значимыми сочетаниями являются: $P_{14} \cdot P_{17} = 1,92 \cdot 10^{-6}$, $P_{14} \cdot P_{16} = 1,92 \cdot 10^{-6}$, $P_{13} \cdot P_{17} = 2,064$.

Минимальное отсечное сочетание (МОС) формирует условия не появления головного события. Это сочетание состоит из исходных событий рассматриваемого дерева, гарантирующих отсутствие происшествия, при условии не возникновения одновременно всех входящих в него событий-предпосылок.

Таблица 2. Характеристики сценариев происшествий

Q _x	Происшествие	Вероятность
A	Большой ущерб	0,05
B	Средний ущерб	0,25
C	Малый ущерб	0,7
L	Поломка литейной машины, остановка техпроцесса на 3 мес., повреждение соседнего оборудования, гибель 1 рабочий.	0,02
M	Поломка литейной машины, остановка техпроцесса на 1 мес., тяжелая травма рабочего	0,03
N	Поломка плавильной печи, остановка техпроцесса на 10 дней, средняя травма рабочего.	0,1
O	Поломка плавильной печи, остановка техпроцесса на 3 дня, легкая травма рабочего.	0,15
P	Ошибка рабочего, остановка техпроцесса на 1 смену.	0,3
R	Тяжелые условия труда, остановка техпроцесса на 1 час.	0,4

Таблица 3. Качественный анализ дерева происшествий

№	P ₁	Критерий λ^{FV}	Q ^I	Q ^O	Критерий λ^B
1	0,0003	5,60	0,0009354	0,0005354	0,0004
2	0,0004	7,47	0,0008354	0,0005354	0,0003
3	0,00005	0,93	0,001235	0,0005354	0,0006996
4	0,0007	1,31	0,0005854	0,0005354	0,00005
5	0,0002	0,37	1	0,0003355	0,9996645
6	0,00032	0,59	1	0,0002155	0,9997845
7	0,00006	0,11	0,0006055	0,0005355	0,00007
8	0,00007	0,13	0,0005955	0,0005355	0,00006
9	0,0004	0,74	0,0006055	0,0005355	0,00007
10	0,00007	0,13	0,0009355	0,0005355	0,0004
11	0,0002	0,37	0,004235	0,0005347	0,0037003
12	0,0037	6,90	0,0007347	0,0005347	0,0002
13	0,0048	8,96	0,0016	0,0005303	0,0010697
14	0,0030	5,60	0,001602	0,0005323	0,0010697
15	0,0058	10,8	0,001599	0,0005293	0,0010697
16	0,00064	1,19	0,01413	0,0005268	0,0136032
17	0,00043	0,80	0,01413	0,0005296	0,0136004

Для получения минимальных отсечных сочетаний (МОС) из выражения дерева происшествий необходимо провести замену операций: $+ \rightarrow \cdot$ и $\cdot \rightarrow +$.

$$\begin{aligned} X &= A + B + C = (D \cdot E) \cdot (F \cdot G \cdot H \cdot I) \cdot (J \cdot K) \\ &= (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4) \cdot (P_5 + P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{12}) \cdot (P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16} + P_{17}) = (P_1 + P_2 \cdot P_3 + P_4) \cdot (P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 + P_8 \cdot P_9 + P_{10} \cdot P_{11} + P_{12}) \cdot (P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_{16} \cdot P_{17}) = (P_1 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 + P_1 \cdot P_8 \cdot P_9 + P_1 \cdot P_{10} \cdot P_{11} + P_1 \cdot P_{12} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 + P_2 \cdot P_3 \cdot P_8 \cdot P_9 + P_2 \cdot P_3 \cdot P_{10} \cdot P_{11} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_{12} + P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 + P_4 \cdot P_8 \cdot P_9 + P_4 \cdot P_{10} \cdot P_{11} + P_4 \cdot P_{12}) \cdot (P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_{16} \cdot P_{17}) = P_1 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_1 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_1 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_1 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_1 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_1 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_1 \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_1 \cdot P_{12} \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_2 \cdot P_3 \cdot P_{12} \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_4 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_4 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_4 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_4 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{16} \cdot P_{17} + P_4 \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} + P_4 \cdot P_{12} \cdot P_{16} \cdot P_{17}. \end{aligned} \quad (12)$$

Сделаем вывод, что самыми безопасными сочетаниями являются: $P_4 \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} = 2,1 \cdot 10^{-13}$, $P_1 \cdot P_{12} \cdot P_{16} \cdot P_{17} = 3,05 \cdot 10^{-13}$, $P_4 \cdot P_{12} \cdot P_{16} \cdot P_{17} = 7,1 \cdot 10^{-13}$.

Оптимизация параметров модели

Проведем анализ экономической эффективности мероприятий по снижению производственного риска в отношении значимых и критичных предпосылок:

P_5 – нарушение временных параметров. Для повышения безопасности на предприятии следует производить контроль технического состояния используемого оборудования.

$$\tilde{P}_5 = P_5 \cdot P_k, \quad (13)$$

где P_5 – вероятность нарушения временных параметров; P_k – вероятность невыполнения контроля. Знак «~» означает вероятность предпосылки после проведения мероприятия.

Вероятность не выполнения контроля равна $5 \cdot 10^{-6}$. Тогда, $\tilde{P}_5 = 1 \cdot 10^{-9}$. Следовательно, влияние предпосылки снизится на 200000 раз.

Произведем расчет эффективности мероприятия:

$$E = \frac{Q_x}{\tilde{Q}_x}, \quad (14)$$

где Q_x – вероятность головного события; \tilde{Q}_x – вероятность головного события после внедрения мероприятия.

$$E = \frac{0,0005355}{0,0003555} = 1,5 \text{ раза.}$$

Затраты Z на проведение мероприятия равны 15000 руб.

$$\overline{MY} = \frac{MY}{E}, \quad (15)$$

где – показатель ущерба, руб; E – эффективность мероприятия, раз.

Показатель ущерба после проведения мероприятия будет равен 50099 руб.

$$\Delta Y = 75450 - 50099 = 25351 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность мероприятия составит 1,69 раз.

P_6 – неверный температурный режим, P_{16} – ошибки рабочего, P_{17} – недостаточная подготовка.

Для повышения безопасности на предприятии следует проводить ежеквартальную проверку знаний и навыков работы, а так же повышать квалификацию рабочих.

Произведем расчеты:

$$\tilde{P}_1 = , \quad (16)$$

где P_1 – вероятность возникновения; – ежеквартальная проверка.

$$\tilde{P}_6 = \frac{0,00032}{4} = 0,00008;$$

$$\tilde{P}_{16} = \frac{P_{16}}{\Delta P} = \frac{0,00064}{4} = 0,00016;$$

$$\tilde{P}_{17} = \frac{P_{17}}{\Delta P} = \frac{0,00043}{4} = 0,0001075.$$

Произведем расчет эффективности мероприятия по формуле 14.

$$E = \frac{0,0005355}{0,0002846} = 1,8 \text{ раза.}$$

Затраты Z на проведение мероприятия равны 5500 руб.

Показатель ущерба после проведения мероприятия будет равен 40111 руб.

$$\Delta Y = 75450 - 40111 = 35339 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность мероприятия составит 6,42 раза.

P_{13} – повышенные температуры оборудования.

Для повышения безопасности на предприятии следует произвести установку системы автоматической терморегуляции оборудования.

Произведем расчеты:

$$\widetilde{P}_{13} = P_{13} \cdot P_c, \quad (17)$$

P_{13} – вероятность повышения температуры оборудования; P_c – вероятность отказа системы защиты.

Вероятность отказа системы защиты равна $1 \cdot 10^{-6}$. Тогда, $\widetilde{P}_{13} = 48 \cdot 10^{-9}$. Влияние предпосылки снизится на 100000 раз.

Расчет эффективности мероприятия произведем по формуле 14. Эффективность мероприятия составляет 1,009 раза.

Затраты Z на проведение мероприятия равны 100000 руб.

Показатель ущерба после проведения мероприятия будет равен 74777 руб.

$$\Delta Y = 75450 - 74777 = 673 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность мероприятия составит 0,00673 раза.

Заключение

В результате проделанной работы, сделан вывод о том, что самым эффективным мероприятием по предупреждению происшествий является ежеквартальная проверка знаний и навыков работы, а так же повышение квалификации рабочих. Проведение этого мероприятия значительно снижает риск возникновения происшествия, а так же позволяет добиться высокой экономической эффективности.

Так же следует отметить, что для повышения безопасности на предприятии следует произвести установку системы автоматической терморегуляции оборудования. Затраты на данное мероприятие велики, но позволяют добиться главного результата, снижения происшествия на участке литья под давлением.

Литература

1. Соловьёв Л.П., Булкин В.В., Шаранов Р.В. Существование человека в рамках техносферы // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012, №1(11). – С.31-39.
2. Федеральная служба государственной статистики / URL: <http://www.gks.ru/>
3. Серёда С.Н. Анализ эффективности методов снижения экологического риска // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2013, №4 (18). – С.25-30.
4. Переездчиков И.В. Анализ опасностей промышленных систем человек – машина – среда и основы защиты: учебное пособие / И.В. Переездчиков. – М.: КНОРУС, 2014. – 782 с.
5. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2003. – 512 с.
6. Серёда С.Н. Оптимизация показателей безопасности технологических процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2011, №2(9). – С.26-30.

References

1. Solovjev L.P., Bulkin V.V., Sharapov R.V. Sushhestvovanie cheloveka v ramkah tehnosfery [The existence of man in the technosphere] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2012, № 1 (11). – P. 31-39.
2. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal State Statistics Service] / URL: <http://www.gks.ru/>
3. Sereda S.N. Analiz jeffektivnosti metodov snizhenija jekologicheskogo riska [Analysis of efficiency of the ecological risk reduction methods] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2013, № 4 (18). – P. 25-30.
4. Perezdchikov I.V. Analiz opasnostej promyshlennyh sistem chelovek – mashina – sreda i osnovy zashhity: uchebnoe posobie [Hazard analysis of industrial systems man - machine - environment and the framework for the protection: Textbook] / I.V. Perezdchikov. – Moscow: KNORUS, 2014. – 782 p.
5. Belov P.G. Sistemnyj analiz i modelirovanie opasnyh processov v tehnsfere: uchebnoe posobie dlja

stud. vyssh. ucheb. zavedenij [System analysis and modeling of hazardous processes in tehnsfere]. – Moscow: Akademija, 2003. – 512 p.

6. *Sereda S.N.* Optimizacija pokazatelej bezopasnosti tehnologicheskikh processov [The optimization of

the safety engineering parameters of the technological processes] // *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Engineering industry and life safety], 2011, № 2 (9). – P. 26-30.

Статья поступила в редакцию 21 февраля 2015 г.

Щёлокова Татьяна Дмитриевна – студент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: misery83@yandex.ru

Shchelokova Tatyana Dmitrievna – Student, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: misery83@yandex.ru