

УДК 614.8.084

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Н.К. Модин*, к.т.н., проф. Д.А. Бурминский**

* Белорусский государственный университет транспорта,

** Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь

Введение. Наличие дерева неблагоприятных событий (ДНС) с учетом управляющих воздействий (сценарий) дает возможность управлять безопасностью (или риском) проведения аварийно-спасательных работ (БПАСР). Квалифицированное и своевременное назначение управляющего воздействия (УВ) по пресечению причинно-следственных цепочек возникновения и развития неблагоприятного события (НС) представляет собой, по сути дела, основу оперативного управления безопасностью.

Практическая реализация мер по управлению безопасностью базируется на использовании сценариев возникновения нарушений уровня безопасности проведения аварийно-спасательных работ (НУБПАСР).

Цель оперативного управления состоит в том, чтобы помочь руководителям проведения аварийно-спасательных работ (ПАСР) заранее предусмотреть возможные НУБПАСР и выбрать упреждающие меры (управляющие воздействия) по предупреждению неблагоприятных событий.

Составленные примерные сценарии возникновения НУБПАСР и адекватные управляющие воздействия на этапе зарождения неблагоприятных событий будут представлять собой эффективный инструмент для выявления истинных причин и виновников появления тех или иных НС при расследовании несчастного случая, а также могут использоваться при организации профессиональной подготовки по вопросам безопасности проведения АСР.

Основная часть. Метод расчета фактического (достигнутого) уровня безопасности ПАСР основан на определении вероятностей неблагоприятных событий и управляющих воздействиях на всех уровнях ПАСР. На основании Модели составлены аналитические выражения для расчета вероятностей нарушения уровня безопасности ПАСР (НУБПАСР), начиная с нижнего уровня – фактора (см. рисунок 1) [1].

Фактор (Ф). Введем обозначения:

Q_{Φ} – вероятность возникновения фактора (полученная на основе обработки статистических данных, расчетным или экспертным путем);

$r_{\Phi_{iY1}}$ – вероятность предупреждения появления фактора за счет применения на этапе его зарождения управляющего воздействия УВ1;

$Q_{\Phi(1)}$ – вероятность возникновения фактора несмотря на использование управляющего воздействия УВ1.

Значение $Q_{\Phi(1)}$ определяется по формуле:

$$Q_{\Phi(1)} = Q_{\Phi} (1 - r_{\Phi_{iY1}}). \quad (1)$$

Введём следующие обозначения:

$r_{\Phi_{iY2}}$ – вероятность парирования последствий фактора за счет применения управляющего воздействия УВ2;

$Q_{\Phi i C}$ – вероятность появления последствий фактора, приводящих к неблагоприятной причине (НП) несмотря на применение управляющего воздействия УВ2.

Величину $Q_{\Phi i C}$ можно найти из выражения:

$$Q_{\Phi i C} = Q_{\Phi i(1)} (1 - r_{\Phi i y 2}). \quad (2),$$

Подставив (1) в (2), получим:

$$Q_{\Phi i C} = Q_{\Phi i} (1 - r_{\Phi i y 1} - r_{\Phi i y 2} + r_{\Phi i y 1} r_{\Phi i y 2}) \quad (3),$$

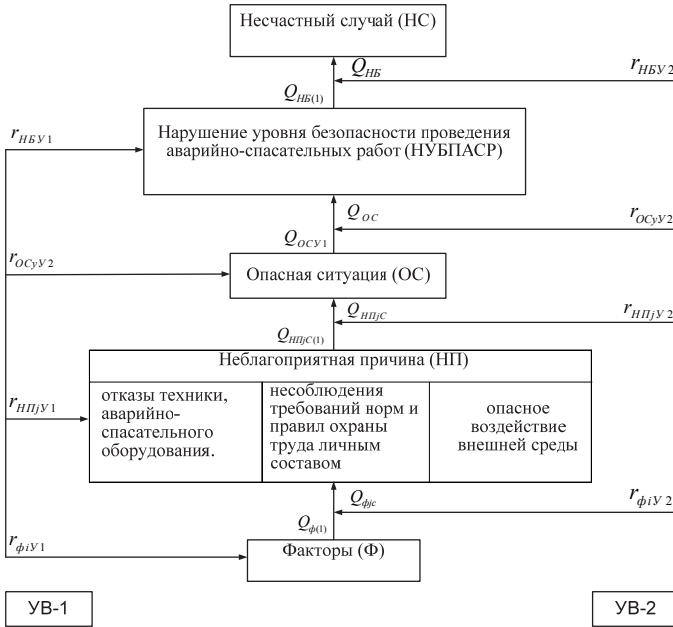


Рис.1 - Модель появления и развития нарушения условий безопасности проведения аварийно-спасательных работ

Примечание. Выведем формулу (1), воспользовавшись выражением

$$P_{\Phi(1)} = P_{\Phi i} + Q_{\Phi i} r_{\Phi i y 1},$$

где $P_{\Phi i}$ – вероятность не возникновения фактора, полученная на основе обработки статистических данных, расчетным или экспертным путем.

$P_{\Phi(1)}$ – вероятность не возникновения фактора с учетом использования управляющего воздействия УВ1.

Учитывая, что $P_{\Phi i}$ и $Q_{\Phi i}$, а также $P_{\Phi(1)}$ и $Q_{\Phi(1)}$ попарно составляют полные события, т.е. $P_{\Phi i} + Q_{\Phi i} = 1, P_{\Phi(1)} + Q_{\Phi(1)} = 1$, можно записать:

$$(1 - Q_{\Phi(1)}) = (1 - Q_{\Phi i}) + Q_{\Phi i} r_{\Phi i y 1}.$$

Следовательно $Q_{\Phi(1)} = Q_{\Phi i} (1 - r_{\Phi i y 1})$. Данный подход применим к остальным выражениям (2 – 15).

Неблагоприятная причина (НП). Используем следующие обозначения:

$Q_{\text{НПО}} = Q_{\text{Фис}}$ – вероятность возникновения неблагоприятной причины из-за последствий фактора с вероятностью $Q_{\text{Фис}}$;

$r_{\text{НП}y1}$ – вероятность предупреждения неблагоприятной причины путем применения на этапе ее зарождения управляющего воздействия УВ1;

$Q_{\text{НП}j(1)}$ – вероятность возникновения неблагоприятной причины несмотря на применения управляющего воздействия УВ1. Значение $Q_{\text{НП}j(1)}$ определяется выражением

$$Q_{\text{НП}j(1)} = Q_{\text{НПО}} (1 - r_{\text{НП}y1}); \quad (4),$$

Далее:

$r_{\text{НП}y2}$ – вероятность парирования последствий возникшей неблагоприятной причины вследствие использования управляющего воздействия УВ2;

$Q_{\text{НП}jC}$ – вероятность появления последствий неблагоприятной причины, которые приводят или могут привести к опасной ситуации несмотря на применение управляющего воздействия УВ2.

Величину $Q_{\text{НП}jC}$ найдем по формуле:

$$Q_{\text{НП}jC} = Q_{\text{НП}j(1)} (1 - r_{\text{НП}y2}). \quad (5),$$

После подстановки (4) в (5) имеем

$$Q_{\text{НП}jC} = Q_{\text{НПО}} (1 - r_{\text{НП}y1} - r_{\text{НП}y2} + r_{\text{НП}y1} r_{\text{НП}y2}). \quad (6),$$

Так как $Q_{\text{НПО}} = Q_{\text{Фис}}$, то

$$Q_{\text{НП}jC} = Q_{\text{Фис}} (1 - r_{\text{НП}y1} - r_{\text{НП}y2} + r_{\text{НП}y1} r_{\text{НП}y2}) \quad (7),$$

Опасная ситуация (ОС). Введем обозначения аналогично вышерассмотренному:

$Q_{\text{ОС}0} = Q_{\text{НП}jC}$ – вероятность возникновения опасной ситуации из-за последствий появления неблагоприятной причины с вероятностью $Q_{\text{НП}jC}$;

$r_{\text{ОС}y1}$ – вероятность предупреждения опасной ситуации ОС путем применения на этапе ее зарождения управляющего воздействия УВ1;

$Q_{\text{ОС}j(1)}$ – вероятность возникновения опасной ситуации ОС несмотря на применение управляющего воздействия УВ1. При этом

$$Q_{\text{ОС}j(1)} = Q_{\text{ОС}0} (1 - r_{\text{ОС}y1}) \quad (8),$$

Далее:

$r_{\text{ОС}y2}$ – вероятность парирования последствий возникшей опасной ситуации вследствие использования управляющего воздействия УВ2;

$Q_{\text{ОС}jC}$ – вероятность появления последствий опасной ситуации, которые могут привести к нарушению безопасности несмотря на применение управляющего воздействия УВ2.

Аналогично вышерассмотренному определим величину $Q_{\text{ОС}jC}$

$$Q_{\text{ОС}jC} = Q_{\text{ОС}j(1)} (1 - r_{\text{ОС}y2}) \quad (9),$$

После подстановки (8) в (9), получим:

$$Q_{\text{ОС}jC} = Q_{\text{ОС}0} (1 - r_{\text{ОС}y1} - r_{\text{ОС}y2} + r_{\text{ОС}y1} r_{\text{ОС}y2}) \quad (10),$$

Учитывая, что $Q_{\text{ОС}0} = Q_{\text{НП}jC}$, получим

$$Q_{\text{ОС}jC} = Q_{\text{НП}jC} (1 - r_{\text{ОС}y1} - r_{\text{ОС}y2} + r_{\text{ОС}y1} r_{\text{ОС}y2}). \quad (11),$$

Нарушение уровня безопасности проведения аварийно-спасательных работ (НУБПАСР). Примем следующие обозначения:

$Q_{\text{НБ}0} = Q_{\text{ОС}jC}$ – вероятность возникновения нарушения уровня безопасности из-за последствий появления опасной ситуации с вероятностью $Q_{\text{ОС}jC}$;

$r_{\text{НБ}y1}$ – вероятность предупреждения нарушения уровня безопасности путем применения на этапе зарождения управляющего воздействия УВ1;

$Q_{\text{НБ1}}$ – вероятность возникновения нарушения уровня безопасности не смотря на применение управляющего воздействия УВ1.

Величина $Q_{\text{НБ1}}$ может быть определена из выражения:

$$Q_{\text{НБ1}} = Q_{\text{НБ0}} (1 - r_{\text{НБУ1}}) \quad (12),$$

Введём следующие обозначения:

$r_{\text{НБУ2}}$ – вероятность парирования последствий возникшего нарушения уровня безопасности вследствие использования управляющего воздействия УВ2;

$Q_{\text{НБ}}$ – вероятность появления последствий нарушения уровня безопасности, которые приводят или могут привести к несчастному случаю (НС).

Значение $Q_{\text{НБ}}$ определим следующим образом

$$Q_{\text{НБ}} = Q_{\text{НБ1}} (1 - r_{\text{НБУ2}}) \quad (13),$$

С учетом (12 и 13) можно записать

$$Q_{\text{НБ}} = Q_{\text{НБ0}} (1 - r_{\text{НБУ1}} - r_{\text{НБУ2}} + r_{\text{НБУ1}} r_{\text{НБУ2}}) \quad (14),$$

Так как $Q_{\text{НБ0}} = Q_{\text{ОС7С}}$, то

$$Q_{\text{НБ}} = Q_{\text{ОС7С}} (1 - r_{\text{НБУ1}} - r_{\text{НБУ2}} + r_{\text{НБУ1}} r_{\text{НБУ2}}) \quad (15),$$

Применительно к ДНС конкретного вида АСР расчет вероятностей осуществляется с учетом того, что число неблагоприятных событий на каждом иерархическом уровне может быть больше единицы. В связи с этим пользуются логическими соотношениями, которые отражены в графическом изображении сценариев НУБПАСР.

Уровень безопасности P определяют по формуле

$$P = 1 - Q_{\text{НБ}} \quad (16)$$

Вывод. С учетом вышеизложенного предполагается следующая последовательность действий при нормировании уровня безопасности:

в соответствии с Моделью строят ДНС для данного вида АСР с учетом УВ;

рассчитывают достигнутый уровень безопасности за определенный промежуток времени, например, за год;

Технические средства (пожарная аварийно-спасательная техника и оборудование) и человек (пожарный-спасатель), вносят каждый свою долю в величину вероятности нарушения безопасности ПАСР. В связи с этим возникает, как говорилось выше, задача доказательства соответствия параметров технических средств и человека требованиям безопасности ПАСР.

Решение этой задачи возможно на основе расчета фактического уровня безопасности как в целом для вида ПАСР, так и по определенным причинно-следственным цепочкам ДНС, которые отражают влияние тех или иных составляющих (технические средства и человек) на процесс возникновения нарушения безопасности ПАСР.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Модель появления и развития нарушения безопасности проведения аварийно-спасательных работ / Бурминский Д.А., Модин Н.К. // Международный научно-практический журнал «Чрезвычайные ситуации: образование и наука» Том 1, № 1, 2008 – С. 89-93.
2. Бариев, Э.Р. Основы безопасности промышленных объектов: учеб. пособие / Э.Р. Бариев, А.А. Украинец, Н.К. Модин, Д.А. Бурминский; под. ред. Э.Р. Бариева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007.-208 с.