

*Грінченко Є.М., канд. техн. наук, докторант, НУЦЗУ,
Соколов Д.Л., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Федоренко Р.М., заст. нач. НІРЧ, НУЦЗУ,
Шостак Р.М., канд. техн. наук, наук. співр., КНДІСЕ*

ОЦІНКА АВАРІЙНОГО РИЗИКУ ПРИ РУСІ ПОЇЗДІВ З НАФТОПРОДУКТАМИ ЗА КОНКРЕТНИМ МАРШРУТОМ

(представлено д-ром техн. наук Тарасенком О.А.)

В роботі проведено моделювання і оцінку аварійного ризику при русі потягу з нафтопродуктами по визначеному маршруту. Проведено розрахунки по запропонованій методиці. Доведено, що під час руху по маршруту Лисичанськ-Харків ризик виникнення аварійної ситуації складає $32,1 \cdot 10^{-5}$ 1/потяг, з 3 тисяч відправлених вантажних поїздів один поїзд з нафтопродуктами зазнає схід або зіткнення з будь-якими можливими наслідками.

Ключові слова: ризик, потяг, нафтопродукти, маршрут

Постановка проблеми. Аналіз ризику аварій на небезпечних виробничих об'єктах є складовою частиною управління промисловою безпекою. Аналіз ризику полягає в систематичному використанні всієї доступної інформації для ідентифікації небезпек і оцінки ризику можливих небажаних подій [1].

Аварії на залізничному транспорті являють собою небезпечні події техногенного характеру, що призводять до загибелі людей, або створюють на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей, призводять до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу, або завдають шкоду довкіллю.

Надзвичайні ситуації, які спричиняються аваріями, являють собою порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території та можуть призвести до загибелі людей, тварин і рослин, значних матеріальних збитків [2,3]. Рівні безпеки руху на різних залізницях сильно відрізняються. Очевидно, що і оцінка аварійного ризику при русі поїзда по певній залізниці повинна залежати від стану безпеки саме на цій залізниці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аварійний ризик є кількісною мірою безпеки в надзвичайних ситуаціях. Аналіз ризику - це дослідження, направлені на виявлення і кількісне визначення різних видів ризику при здійсненні визначених видів діяльності і господарських проектів. Оцінці ризику, яка полягає в його кількісному вимірюванні, тобто визначенні можливих наслідків реалізації визначених небезпек для навколишнього середовища присвячені роботи [4-6]. Питанням аналізу ризиків при аваріях вантажних потягів з нафтопродуктами з використанням апостеріорного статистичного аналізу для кількісної оцінки вірогідності їх виникнення присвячено роботу [7]. Небезпечні стани соціо-технічної системи залізничного транспорту за декілька років роботи, які приводять до сходу і зіткнень вантажних поїздів з нафтою і нафтопродуктами з іншими вантажними або пасажирськими поїздами і мають наслідки крушіння, аварії або браку в роботі розглянуті в [8].

Проте оцінці аварійного ризику при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом по визначеному маршруту приділена недостатня увага.

Постановка завдання та його вирішення. Рівні безпеки руху на різних залізницях сильно відрізняються. Очевидно, що і оцінка аварійного ризику при русі поїзда по певній залізниці повинна залежати від стану безпеки саме на цій залізниці.

При оцінці ризику для вантажних поїздів, що перевозять нафту або нафтопродукти, приймемо наступні положення [9]:

1. Аварійні події виявляються у вигляді двох груп послідовних подій A_j^l та B_i .

2. Група первинних подій A_j^l являє собою небезпечні відмови j -го вигляду ($j = 1, 2, \dots, J$) l -го класу ($l = 1, 2, \dots, L$) відмов об'єктів соціо-технічної системи залізничного транспорту, що є причиною сходу (зіткнень) вантажного поїзда при поїздовій роботі. Події A_j^l являють собою повну групу несумісних подій.

Іншими словами, тільки одна подія A^l , може служити причиною сходу (зіткнення) поїзда при поїздовій роботі.

$$\sum_{j=1}^J P(A_j^l) = 1. \quad (1)$$

3. Друга група подій B_i є подіями, одне з яких виникає з певною вірогідністю після настання події A_j^l і виявляється як схід (зіткнення) вантажного поїзда при поїздовій роботі з i -м видом наслідків

- 1) крушіння поїздів (подія - B_1);
- 2) аварії (подія - B_2);
- 3) особливі випадки браку в роботі - схід (зіткнення) поїзда без наслідків крушіння або аварії (подія - B_3).

Для оцінки інтенсивностей виникнення подій $B_i|A_j^l$, що доводяться на одну годину поїздки поїзда по m -й залізниці, скористаємося співвідношенням

$$\lambda_{B_i|A_j^l}^m = \mu_m \cdot \lambda_{B_i|A_j^l}, \quad (2)$$

де μ_m - нормований інтегральний показник безпеки руху по m -й залізниці, визначуваний по формулі

$$\mu_m = \frac{M\bar{g}_m}{\sum_{m=1}^M \bar{g}_m} \quad (3)$$

де \bar{g}_m - середнє значення інтегрального показника безпеки руху для m -ї залізниці за аналізований період, визначається по формулі

$$\bar{g}_m = \frac{n_m^k}{q_m^k}, \quad (4)$$

де n_m^k - кількість випадків браку на m -й залізниці за k років, q_m^k - об'єм роботи на m -й залізниці за k років (млрд. т-км брутто), M - кількість залізниць-філій Укрзалізниці.

Тоді аварійний ризик виникнення подій $B_i|A_j^l$, B_i , і B при русі вантажного поїзда по конкретному маршруту (по ді-

лянках залізниць m_1, m_2, \dots, m_L за час $t \leq T_{m_1} + T_{m_2} + \dots + T_{m_L}$ де (m_l - деякі числа інтервалу від 1 до M) можна розрахувати по формулах

$$R_M(B_i | A_j^l) = 1 - \exp\left(-\sum_{m_l} \lambda_{B_i | A_j^l}^{m_l} T_{m_l}\right); \quad (4)$$

$$R_M(B_i) = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J R_M(B_i | A_j^l); \quad (5)$$

$$R_M(B) = \sum_{i=1}^3 R_M(B_i); \quad (6)$$

Формули (4), (5), (6) дають можливість розрахувати вірогідність (аварійний ризик) виникнення подій, $B_i | A_j^l$, B_i , і B за час $t \leq T_{m_1} + T_{m_2} + \dots + T_{m_L}$ руху поїзда по конкретному маршруту.

В якості прикладу розглянемо рух вантажного потягу з нафтопродуктами від м. Лисичанськ Луганської області до м. Харкова.

Визначимо час поїздки вантажного потягу з нафтопродуктом для ділянки шляху L_m кожної залізниці ($m = 1, 2$)

$$T_m = \frac{L_m}{\bar{V}_{дiл}} \quad (7)$$

де T_m – середній час руху по ділянці, год; L_m – довжина ділянки, км; $\bar{V}_{дiл}$ – Середня дільнична швидкість, км/год.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.

Таблиця 1 – Час поїздки вантажного поїзда з нафтопродуктами для ділянки шляху

Час поїздки вантажного поїзда з нафтопродуктами для ділянки шляху по даному маршруту, годин	Донецька залізниця ($m=1$)	Південна залізниця ($m=2$)
T_m	4,39	20,45

Оцінка аварійного ризику при русі поїздів з нафтопродуктами за конкретним маршрутом

По формулі (3) обчислимо відносний інтегральний показник безпеки руху μ_m для вказаних залізниць Укрзалізниці (таблиця 2).

Таблиця 2 – Відносний інтегральний показник безпеки руху для обраних залізниць Укрзалізниці

Залізниця	Числове значення
Донецька	0,706859
Південна	0,856529

Обчислимо за формулою

$$\lambda_{B_i|A_j^l} = \frac{Z(B_i|A_j^l)}{\bar{T}}. \quad (8)$$

$\lambda_{B_i|A_j^l}^m$, і далі по формулі (4) визначимо всі $R_M(B_i|A_j^l)$.

По формулі (5) визначимо ризик виникнення події B_i , а по формулі (6) – сумарний ризик B при русі потягу за визначеним маршрутом (таблиця 3).

Таблиця 3 – Аварійний ризик $R_M(B_i)$, 1/потяг

Маршрут перевезення нафтопродуктів	$R_M(B_1)$	$R_M(B_2)$	$R_M(B_3)$	$R_M(B)$
ст. Лисичанськ-вантажна – ст. Харків-сортувальна	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-5}$	$28,6 \cdot 10^{-5}$	$32,1 \cdot 10^{-5}$

Висновки. Інтерпретувати сумарний аварійний ризик можна таким чином: при регулярних перевезеннях нафтопродуктів по даному маршруту з 3 тисяч відправлених вантажних поїздів один поїзд з нафтопродуктами зазнає схід або зіткнення з будь-якими можливими наслідками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. М., 2000. 431 с.

2. Лисенков В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов: Учебное пособие для вузов.-М.:ВИНИТИ РАНД999.-332 с.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. «Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. - М.: Ин-октаво, 2005.-368 с.
4. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. - М.: Машиностроение, 1981. - 526 с.
5. Савчук В.П. Байесовские методы статистического оценивания: Надежность технических объектов. - М.: Наука, 1989. - 328 с.
6. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. В. А. Акимов, В. В. Лесных, Н. Н. Радаев. - М.: Деловой экспресс, 2004. - 352 с.
7. Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М, Пучков В.А., Томаков В.И., Фалеев М.И. Надежность технических систем и техногенный риск. М.:ЗАО ФИД "Деловой экспресс", 2002 - 368 с.
8. Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В. Оценка и управление техногенной безопасностью. М., 2002. 184 с.
9. Баранин В.Н. Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. ООО «Пожнаука». М.:2004.

Гринченко Е.Н., Соколов Д.Л., Федоренко Р.Н., Шостак Р.Н.

Оценка аварийного риска при движении поездов с нефтепродуктами по конкретному маршруту

В работе проведено моделирование и оценку аварийного риска при движении поезда с нефтепродуктами по конкретному маршруту. Проведены расчеты по предложенной методике. Доказано, что при движении по маршруту Лисичанск-Харьков риск возникновения аварийной ситуации составляет $32,1 \cdot 10^{-5}$ 1/поезд, то есть из 3 тысяч отправленных грузовых поездов один поезд с нефтепродуктами испытывает сход или столкновение с любыми возможными последствиями.

Ключевые слова: риск, поезд, нефтепродукты, маршрут

Grinchenko Ye.N., Sokolov D.L., Fedorenko R.N., Shostak R.N.

Assessment of disaster risk in the movement of trains with oil on a particular route

In the paper the modeling and evaluation of disaster risk in the train with oil on a particular route. The calculations for the proposed method. Proved that during route Lisichansk-Kharkov risk of an accident is $32,1 \cdot 10^{-5}$ 1/train that is sent out three thousand freight trains with one train oil gathering experience or encounter with any possible consequences

Key words: risk, train, oil, route