

# Ситуационный анализ и профилактика несчастных случаев при зачистке горной массы машинистами конвейеров на угольных предприятиях

## Situational analysis and incident prevention during cleaning-up of mined rock by conveyor operators at coal enterprises

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-115-185-189>

Выполнен анализ причин травматизма при зачистке машинистами конвейеров просыпавшейся с ленточных конвейеров горной массы на технологических комплексах поверхности угольных шахт и углеобогатительных фабрик. При анализе использован ситуационный подход, согласно которому к несчастному случаю приводит определенная комбинация причин, исключение из которой минимум одной причины делает травмирование работника невозможным. С помощью логико-вероятностного метода осуществлена количественная оценка влияния причин на возникновение несчастных случаев и определены наиболее «весомые» причины. Получены минимальные условия безопасности, соблюдение которых позволит предотвратить травмирование машинистов даже при наличии нарушений других требований охраны труда. Установлено, что наиболее удобная для рабочего технология зачистки просыпавшейся горной массы при снятом ограждении барабанов и работающем конвейере является одновременно наиболее травмоопасной, поэтому необходимо создание новой транспортной машины, свободной от конструктивных особенностей ленточного конвейера, порождающих травматизм.

**Ключевые слова:** анализ, инструкция, требования, охрана труда, несчастный случай, ситуация травмирования, ленточный конвейер, машинист конвейера, угольное предприятие.

**Для цитирования:** Деревянский В.Ю. Ситуационный анализ и профилактика несчастных случаев при зачистке горной массы машинистами конвейеров на угольных предприятиях // Уголь. 2024; (115):185-189. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-115-185-189.

### Abstract

The analysis of injury causes during cleaning-up of mined rock spilled from belt conveyors by conveyor operators in technological complexes of the surface of coal mines as well as at coal cleaning facilities is carried out. The analysis is carried out with the use of situational approach whereby an accident is caused by definite combination of causes; an elimination of at least one cause makes the injury of a worker impossible. With the help of logical-and-probabilistic method the quantitative evaluation of the impact of causes on accident occurrence has been made and the most 'significant' causes have been determined. Minimal safety

### ДЕРЕВЯНСКИЙ В.Ю.

Старший научный сотрудник ГУ «МАКНИИ»  
286132, г. Макеевка, ДНР, Россия  
e-mail: maknii.niot@mail.ru



НОЦ  
КУЗБАСС –  
ДОНБАСС

Научно-образовательный  
центр «Кузбасс-Донбасс»

limits are obtained which observance enables the prevention of operator injuries even if there are other breaches of labour safety. It has been established that the most comfortable technique of cleaning-up of mined rock spilled from belt conveyors for conveyor operators by removed enclosure of belt pulley while the conveyor is in operation is the most injurious at the same time, thus the development of a new transport machine devoid of design features of the belt conveyor causing injuries is necessary.

#### Keywords

Analysis, regulations, requirements, labour safety, accident, situation of injury, belt conveyor, conveyor operator, coal enterprise.

#### For citation

Derevyansky V.Yu. Situational analysis and incident prevention during cleaning-up of mined rock by conveyor operators at coal enterprises. *Ugol'*. 2024;(115):185-189. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-115-185-189.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МАКНИИ) осуществляет разработку рекомендаций (требований) по охране труда (ОТ) для рабочих профессий, которые будут использованы работодателями при подготовке и вводе в действие на своих предприятиях инструкций по ОТ [1]. В число таких профессий входит машинист конвейера.

Как показывает практика, одним из наиболее травмоопасных видов работ, выполняемых машинистами конвейеров на технологических комплексах поверхности угольных шахт и углеобогачительных фабрик, является зачистка просыпавшейся с ленточных конвейеров горной массы. Применение опасных приемов при производстве этого вида работ нередко заканчивается несчастным случаем (НС) со смертельным исходом. Поэтому необходимо провести анализ причин травмирования машинистов конвейеров при зачистке просыпавшейся горной массы, и разработать рекомендации, направленные на предотвращение подобных НС.

Цель статьи – анализ причин травматизма при зачистке машинистами конвейеров просыпавшейся с ленточных конвейеров горной массы на технологических комплексах поверхности угольных шахт и углеобогачительных фабрик и разработка рекомендаций по его предотвращению.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При анализе причин НС с машинистами конвейеров был использован ситуационный подход [2]: к травмированию работника приводит «ситуация травмирования» (СТ) – не любая произвольная, а только определенная комбинация причин или одна определенная причина. Как показывает практика, чаще всего к травмированию человека приводит комбинация из двух и более причин, и ее можно представить в виде элементарной конъюнкции (логического произведения) причин:

$$K = x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_r = \bigwedge_{i=1}^r x_i$$

где  $K$  – ситуация травмирования, записанная в виде комбинации причин;  $x_1, x_2, \dots, x_r$  – причины НС;  $r$  – количество при-

чин в ситуации (ранг конъюнкции);  $i$  – порядковый номер причины;  $\wedge$  – знак логического умножения (конъюнкции).

Из этого условия следует, что исключение минимум одной причины из вышеуказанной ситуации приводит к невозможности возникновения НС. Каждый случай производственного травматизма на промышленном предприятии (шахте, фабрике и т.д.) происходит в пределах производственной системы (ПрС) «человек – средства труда – среда». В любой реальной ПрС травматизм по какому-либо опасному производственному фактору («машины и механизмы», «взрывы газа и пыли» и др.) обусловлен, как правило, не одной, а множеством СТ. Анализ актов расследования случаев производственного травматизма, происшедших в определенной системе по исследуемому фактору, а также моделирование причин опасных событий позволяют установить перечень ситуаций и составить на их основе функцию опасности системы  $y(x_i)$  в виде логической матрицы. Причины, входящие в состав ситуаций, и связи между ними образуют структуру вышеуказанной функции, которая остается неизменной, пока не будут установлены новые, ранее неизвестные, ситуации.

Результаты ситуационного анализа причин травмирования машинистов конвейеров при зачистке просыпавшейся горной массы получены по данным литературных источников [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] и архивных материалов МАКНИИ и приведены в *таблице*.

На основе приведенных в *таблице* причин и их комбинаций можно составить функцию опасности исследуемой системы в виде логической матрицы и привести ее к дизъюнктивной нормальной форме – сумме выявленных СТ – и пронумеровать ситуации:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{i=1}^m K_i$$

где  $n$  – количество причин травматизма;  $m$  – количество СТ в исследуемой функции;  $i$  – порядковый номер ситуации.

Данные *таблицы* позволили определить комбинации причин травматизма и составить логическую матрицу:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_6) = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 x_2 x_3 \\ x_1 x_3 x_4 x_5 \\ x_2 x_6 \\ x_3 x_4 x_5 x_6 \end{vmatrix}. \quad (1)$$

Анализ матрицы (1) дает возможность сформулировать минимальное условие, соблюдение которого, даже при наличии нарушений других требований ОТ, позволит предотвратить травмирование машинистов. Таким условием, исходя из ситуационного подхода, является недопущение только двух причин из шести –  $x_3$ , которая встречается в ситуациях  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_4$ , а также одной из двух причин ( $x_2$  или  $x_6$ ) из ситуации  $K_3$ .

При необходимости функция опасности системы (1) позволяет выполнить количественную оценку влияния причин на травматизм. Для этого в настоящей работе использован логико-вероятностный метод [11, 12], в качестве показателя количественной оценки причины принят показатель «весомость причины» [12]. Значения «весомости» причин, получаемые логико-вероятностным методом, представляют собой разность вероятности приво-

**Результаты ситуационного анализа и оценки причин смертельного травматизма при зачистке машинистами конвейеров просыпавшейся горной массы на угольных предприятиях**

The results of a situational analysis and assessment of the causes of fatal injuries during cleaning by conveyor drivers of a spilled of rock mass at coal enterprises

Ситуация травмирования	Причина НС ( $x_i$ )	Результаты оценки причин НС	
		«Весомость»	Ранг
Зачистка просыпавшейся горной массы при снятом ограждении и работающем конвейере	Снятие ограждения барабанов перед зачисткой горной массы ( $x_1$ )	0,15625	4
	Неотключение конвейера перед зачисткой горной массы ( $x_2$ )	0,53125	1
	Нарушение заводской схемы управления, допускающей эксплуатацию конвейера с неисправными (отключенными) защитами (в том числе блокировкой от снятия ограждения барабанов) и предупредительной сигнализации ( $x_3$ )	0,21875	3
Зачистка просыпавшейся горной массы при снятом ограждении и внезапном включении конвейера	Снятие ограждения барабанов перед зачисткой горной массы ( $x_1$ )	0,15625	4
	Нарушение заводской схемы управления ( $x_3$ )	0,21875	3
	Непринятие организационно-технических мер по предотвращению внезапного включения конвейера (не заблокировано включение аппаратурой управления, кабель-тросовым выключателем, не отключен пускатель, не вывешен плакат «Не включать – работают люди!») ( $x_4$ )	0,09375	5
	Несогласованность действий исполнителей работ, приведшая к включению конвейера во время зачистки горной массы ( $x_5$ )	0,09375	5
Зачистка просыпавшейся горной массы при использовании ограждения заводского изготовления и работающем конвейере	Неотключение конвейера перед зачисткой горной массы ( $x_2$ )	0,53125	1
	Использование ограждения заводского изготовления, не полностью закрывающего опасную зону вращающихся барабанов ( $x_6$ )	0,40625	2
Зачистка просыпавшейся горной массы при использовании ограждения заводского изготовления и внезапном включении конвейера	Нарушение заводской схемы управления ( $x_3$ )	0,21875	3
	Непринятие организационно-технических мер по предотвращению внезапного включения конвейера ( $x_4$ )	0,09375	5
	Несогласованность действий исполнителей работ ( $x_5$ )	0,09375	5
	Использование ограждения заводского изготовления ( $x_6$ )	0,40625	2

дящего к травматизму опасного функционирования ПрС при вероятности оцениваемой причины, равной 1 и равной 0, при вероятности всех остальных причин равной 0,5.

Матрица (1) записана в дизъюнктивной нормальной форме. Для оценки причин логико-вероятностным методом ее необходимо привести к ортогональному виду с помощью выражения:

$$y = \begin{pmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \dots \\ \dots \\ K_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_1 \\ K_1' K_2 \\ \dots \\ \dots \\ K_1' K_2' \dots K_{m-1}' K_m \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Все члены ортогональной дизъюнктивной нормальной формы попарно ортогональны – их произведение равно нулю.

Отрицания элементарных конъюнкций  $K_i'$  для матрицы (2) устанавливаются посредством преобразования:

$$K_i' = (x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_r)' = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \\ \dots \\ \dots \\ x_r' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_1' x_2' \\ \dots \\ \dots \\ x_1' x_2' \dots x_{r-1}' \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Приводим матрицу (1) к ортогональному виду, используя преобразование (2):

$$y = \begin{pmatrix} K_1 \\ K_1' K_2 \\ K_1' K_2' K_3 \\ K_1' K_2' K_3' K_4 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Отрицания элементарных конъюнкций для этой матрицы получим с помощью преобразования (3):

$$K_1' = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_1' x_2' \\ x_1' x_2' x_3' \end{pmatrix}; \quad K_2' = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_1' x_3' \\ x_1' x_3' x_4' \\ x_1' x_3' x_4' x_5' \end{pmatrix}; \quad K_3' = \begin{pmatrix} x_2' \\ x_2' x_6' \end{pmatrix}. \quad (5)$$

При вычислении произведений конъюнкций матрицы (4) используем отрицания элементарных конъюнкций (5) и учитываем, что произведение  $x_i$  и  $x_i'$  равняется нулю:

$$K_1' K_2 = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_1' x_2' \\ x_1' x_2' x_3' \end{pmatrix} \cdot |x_1' x_3' x_4' x_5'| = |x_1' x_2' x_3' x_4' x_5'|. \quad (6)$$

$$K_1' K_2' K_3 = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_1' x_2' \\ x_1' x_2' x_3' \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1' \\ x_1' x_3' \\ x_1' x_3' x_4' \\ x_1' x_3' x_4' x_5' \end{pmatrix} \cdot |x_2' x_6'| = \begin{pmatrix} x_1' x_2' x_6' \\ x_1' x_2' x_3' x_6' \end{pmatrix}. \quad (7)$$

$$K_1'K_2'K_3'K_4 = \begin{vmatrix} x_1' \\ x_1x_2' \\ x_1x_2x_3' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_1' \\ x_1x_3' \\ x_1x_3x_4' \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x_2' \\ x_2x_6' \end{vmatrix} \cdot |x_3x_4x_5x_6| =$$

$$= |x_1'x_2'x_3x_4x_5x_6|. \quad (8)$$

Полученные матрицы (6), (7), (8) подставляем в матрицу (4) и записываем матрицу (1) в ортогональном виде:

$$y = \begin{vmatrix} x_1x_2x_3 \\ x_1x_2'x_3x_4x_5 \\ x_1'x_2x_6 \\ x_1x_2x_3'x_6 \\ x_1'x_2'x_3x_4x_5x_6 \end{vmatrix}. \quad (9)$$

Матрица (9) позволяет вычислить «вес» булевой разности по аргументу  $x_r$  используя выражение:

$$G\{\Delta x_i y(x_1, x_2, \dots, x_n)\} = \sum_j^l 2^{n-(r_j-1)} - \sum_f^k 2^{n-(r_f-1)}, \quad (10)$$

где  $l, k$  – число элементарных конъюнкций, содержащих соответственно аргумент  $x_i$  и его отрицание  $x_i'$ ;  $r_j, r_f$  – ранги этих конъюнкций.

«Весомость» причины  $x_i$  ( $g_i$ ) определяется с помощью выражения [11, 12]:

$$g_i = \frac{G\{\Delta x_i y(x_1, x_2, \dots, x_n)\}}{2^n}. \quad (11)$$

Для оценки «весомости» причины  $x_1$  находим необходимый для определения «веса» булевой разности (10) суммарный «вес» конъюнкций, содержащих аргумент  $x_1$ . Для этого переписываем строки матрицы (9), в которых имеется переменная  $x_1$ , и используя уравнение (10), получаем:

$$G\left\{ \begin{vmatrix} x_1x_2x_3 \\ x_1x_2'x_3x_4x_5 \\ x_1x_2x_3'x_6 \end{vmatrix} \right\} = 2^{6-(3-1)} + 2^{6-(5-1)} + 2^{6-(4-1)} =$$

$$= 2^4 + 2^2 + 2^3 = 28.$$

Суммарный вес конъюнкций, содержащих переменную  $x_1'$ :

$$G\left\{ \begin{vmatrix} x_1'x_2x_6 \\ x_1'x_2'x_3x_4x_5x_6 \end{vmatrix} \right\} = 2^{6-(3-1)} + 2^{6-(6-1)} =$$

$$= 2^4 + 2^1 = 18.$$

«Вес» булевой разности по аргументу  $x_1$  вычисляем с помощью уравнения (10):

$$G\{\Delta x_1 y(x_1, x_2, \dots, x_6)\} = 28 - 18 = 10.$$

Из уравнения (11) получаем «весомость» причины  $x_1$ :

$$g_1 = \frac{10}{2^6} = \frac{10}{64} = 0,15625.$$

Для оценки «весомости» причины  $x_2$  находим суммарный «вес» конъюнкций, содержащих аргумент  $x_2$ :

$$G\left\{ \begin{vmatrix} x_1x_2x_3 \\ x_1'x_2x_6 \\ x_1x_2x_3'x_6 \end{vmatrix} \right\} = 2^{6-(3-1)} + 2^{6-(3-1)} + 2^{6-(4-1)} =$$

$$= 2^4 + 2^4 + 2^3 = 40.$$

Суммарный вес конъюнкций, содержащих переменную  $x_2'$ :

$$G\left\{ \begin{vmatrix} x_1x_2'x_3x_4x_5 \\ x_1'x_2'x_3x_4x_5x_6 \end{vmatrix} \right\} = 2^{6-(5-1)} + 2^{6-(6-1)} = 2^2 + 2^1 = 6.$$

«Вес» булевой разности по аргументу  $x_2$  вычисляем с помощью уравнения (10):

$$G\{\Delta x_2 y(x_1, x_2, \dots, x_6)\} = 40 - 6 = 34.$$

Из уравнения (11) получаем «весомость» причины  $x_2$ :

$$g_2 = \frac{34}{2^6} = \frac{34}{64} = 0,53125.$$

Приведем еще в качестве примера вычисление «весомости» причины  $x_6$ .

Суммарный «вес» конъюнкций, содержащих аргумент  $x_6$ :

$$G\left\{ \begin{vmatrix} x_1'x_2x_6 \\ x_1x_2x_3'x_6 \\ x_1'x_2'x_3x_4x_5x_6 \end{vmatrix} \right\} = 2^{6-(3-1)} + 2^{6-(4-1)} + 2^{6-(6-1)} =$$

$$= 2^4 + 2^3 + 2^1 = 26.$$

Поскольку в матрице (9) отсутствуют строки с переменной  $x_6'$ , суммарный вес конъюнкций, содержащих эту переменную, равен нулю. Поэтому «вес» булевой разности по аргументу  $x_6$  из уравнения (10) составит:

$$G\{\Delta x_6 y(x_1, x_2, \dots, x_6)\} = 26 - 0 = 26.$$

С помощью уравнения (11) вычисляем «весомость» причины  $x_6$ :

$$g_6 = \frac{26}{2^6} = \frac{26}{64} = 0,40625.$$

Аналогичным образом получены «весомости» остальных причин. В соответствии со значениями «весомостей» каждой причине присвоен порядковый номер (ранг). Результаты оценки «весомости» и ранжирования причин НС приведены в *таблице*. Наиболее «весомыми» являются причины  $x_2, x_3$  и  $x_6$ .

В рамках существующих техники и технологии задача предотвращения проанализированных НС решается путем использования ограждений, полностью закрывающих опасную зону вращающихся барабанов, и недопущением нарушения заводской схемы управления, вследствие чего блокировка от снятия ограждения производит отключение конвейера, если это не будет сделано самим машинистом перед началом работ по зачистке горной массы, а предупредительная сигнализация исключает внезапное включение конвейера.

Подобные НС обусловлены конструктивными особенностями ленточного конвейера, вследствие которых наиболее удобная для рабочего технология зачистки (при

снятом ограждении обеспечивается наилучший доступ к просыпавшейся горной массе, и при работающем конвейере нет необходимости в его периодическом включении-отключении) одновременно является и наиболее травмоопасной. Поэтому кардинальное решение заключается в создании новой транспортной машины, свободной от конструктивных недостатков, порождающих травматизм при эксплуатации ленточного конвейера.

Требуется практическая проверка и, в случае ее положительных результатов, внедрения как на установленных на поверхности, так и на подземных ленточных конвейерах технология, предложенная в статье [3]. В местах просыпания горной массы выполняется углубление (прямок), из которого горная масса извлекается скребком на рабочую сторону конвейера с последующей погрузкой лопатой на движущуюся ленту. Таким образом, эта технология позволяет производить зачистку просыпавшейся горной массы из-под неснятого ограждения и без остановки конвейера.

Результаты исследований, изложенные в статье, будут использованы при разработке рекомендаций (требований) по ОТ для машиниста конвейера, которые, в свою очередь, найдут применение при подготовке на угольных предприятиях соответствующих инструкций по ОТ. Их внедрение позволит предотвратить травмирование машинистов конвейеров при зачистке просыпавшейся с ленточных конвейеров горной массы.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку требований ОТ при выполнении других видов работ машинистами конвейеров.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложены результаты ситуационного анализа и логико-вероятностной оценки причин травматизма при зачистке машинистами конвейеров просыпавшейся с ленточных конвейеров горной массы на технологических комплексах поверхности угольных шахт и углеобогатительных фабрик. Получены минимальные условия безопасности, соблюдение которых позволит предотвратить травмирование машинистов даже при наличии нарушений других требований охраны труда. Показана актуальность создания новой транспортной машины, свободной от конструктивных особенностей ленточного конвейера, порождающих травматизм. Требуется проверка и внедрения, в случае ее положительных результатов, технология, позволяющая производить зачистку просыпавшейся горной массы из-под неснятого ограждения и без остановки конвейера.

## Список литературы • References

1. Кременев О.Г. Рекомендации к инструкциям по охране труда для рабочих угольной промышленности // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сборник научных трудов МАКНИИ. 2023. Вып. 2(61). С. 35-44. Kremenev O.G. Recommendations for labor safety regulations for mine workers. *Sposoby i sredstva sozdaniya bezopasnykh i zdorovykh uslovij truda v ugol'nykh shakhtakh: sbornik nauchnykh trudov MAKNIi*. 2023;2 (61):35-44. (In Russ.).
2. Деревянский В.Ю. Построение ситуационной модели несчастного случая // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 3. С. 103-109. Derevyansky V.Yu. Development of situational pattern of an accident. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noi promyshlennosti*. 2016;(3):103-109. (In Russ.).
3. Безбородов В.А., Сафин Р.Г. Анализ и профилактика травматизма при обслуживании ленточных конвейеров на угольных предприятиях // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сборник научных трудов МАКНИИ. 2024. Вып. 1(64). С. 44-50. Bezborodov V.A., Safin R.G. Analysis and prevention of injuries when maintenance belt conveyors at coal enterprises. *Sposoby i sredstva sozdaniya bezopasnykh i zdorovykh uslovij truda v ugol'nykh shakhtakh: sbornik nauchnykh trudov MAKNIi*. 2024;1(64):44-50. (In Russ.).
4. Conveyor Belt Accidents and Injuries. [Electronic resource]. Available at: <https://www.maritimeinjurycenter.com/accidents-and-injuries/conveyor-belt/> (accessed 15.10.2024).
5. How to solve belt conveyor spilling material problem. [Electronic resource]. Available at: <https://www.skemachinery.com/f728313/How-to-solve-Belt-conveyor-spilling-material-problem.htm> (accessed 15.10.2024).
6. Belt conveyor safety operation regulations. [Electronic resource]. Available at: <https://www.skemachinery.com/faqid100874/Belt-conveyor-safety-operation-regulations.htm> (accessed 15.10.2024).
7. How to avoid the accident while operating belt conveyor. [Electronic resource]. Available at: <https://www.skemachinery.com/f724061/How-to-avoid-the-accident-while-operating-belt-conveyor.htm> (accessed 15.10.2024).
8. What should be paid attention to belt conveyor maintenance. [Electronic resource]. Available at: <https://www.skemachinery.com/f730238/What-should-be-paid-attention-to-for-belt-conveyor-maintenance.htm> (accessed 15.10.2024).
9. What you need to know about conveyor belt spillage control. [Electronic resource]. Available at: <https://oreflow.com.au/what-you-need-to-know-about-conveyor-belt-spillage-control/> (accessed 15.10.2024).
10. Belt conveyor danger zones. [Electronic resource]. Available at: <https://rockroadrecycle.com/belt-conveyor-danger-zones/> (accessed 15.10.2024).
11. Рябинин И.А., Черкесов Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. М.: Радио и связь, 1981. 264 с.
12. Деревянский В.Ю. Оценка причин аварийности и травматизма логико-вероятностным и структурно-вероятностным методами // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 3(4). С. 54-62. Derevyansky V.Yu. Assessment of accident and injuries causes by using logical-and-probabilistic and structural-probabilistic methods. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya* 2019;3(4):54-62. (In Russ.).

### Authors Information

**Derevyansky V.Yu.** – Senior Researcher, GU MAKNIi, Makeyevka, DPR, 286132, Russian Federation, e-mail: maknii.niot@mail.ru

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.09.2024

Поступила после рецензирования: 21.10.2024

Принята к публикации: 31.10.2024

### Paper info

Received September 15, 2024

Reviewed October 21, 2024

Accepted October 31, 2024