

УДК 331.45

**Д. А. ДОСТОВАЛОВА, Н. С. ПОДГОРОДЕЦКИЙ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЦЕНАРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Аннотация.** В статье на примере рабочего места оператора очистного оборудования сооружений для очистки шахтных вод рассмотрено применение метода сценарного прогнозирования параметров состояния производственной среды с последующим применением метода анализа иерархий для оценки и снижения рисков возникновения опасных ситуаций на рабочих местах промышленных объектов.

**Ключевые слова:** условия труда, опасный и вредный производственный фактор, риск, сценарий, иерархия, прогнозирование

### **ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ**

Снижение уровня профессионального риска на рабочих местах промышленных объектов является актуальной задачей системы управления охраной труда предприятия.

Для управления рисками необходим механизм, позволяющий в условиях производственного цикла силами специалистов предприятия разработать и внедрить мероприятия по предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Специфика сценарного прогнозирования заключается в одновременном рассмотрении нескольких вариантов развития событий с характерными для каждого из них возможностями и рисками, субъективными и объективными, внутренними и внешними факторами, критериями и индикаторами [1].

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Одним из основных элементов системы управления охраной труда является идентификация опасностей, представляющих угрозу жизни и здоровью работников, посредством управления профессиональными рисками [2]. Процедура управления профессиональными рисками предусматривает несколько этапов и осуществляется с привлечением службы (специалиста) охраны труда, комитета (комиссии) по охране труда, работников или уполномоченных ими представительных органов [2].

Объектом оценки профессионального риска является рабочее место, где существует наибольшая вероятность утраты здоровья от воздействия на работников различных опасных и вредных факторов производственной среды и трудового процесса (химических, биологических, физических и факторов трудового процесса: тяжесть, напряженность) [3].

Прогнозирование профессиональных рисков является одной из основных целей создания безопасных условий труда в организации. Так как профессиональный риск тесно связан с неопределенностью и вероятностными характеристиками параметров состояния производственной среды, опасными ситуациями и опасными зонами, оценка его заключается в систематическом использовании всей информации для идентификации опасностей и оценки риска нежелательных событий [4].

Проведенный Д. А. Достоваловой, Н. С. Подгородецким, Л. В. Николаевой анализ производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Донецкой Народной Республике за 6 месяцев 2018 года [5] предполагает в дальнейшем, что методика прогнозирования профессиональных

рисков, разработанная на основе результатов аттестации рабочих мест по условиям труда, является оптимальным решением для объективной оценки профессиональных рисков на промышленных объектах.

### ЦЕЛЬ

Оценка и снижение рисков возникновения опасных ситуаций на рабочих местах промышленных объектов посредством прогнозирования параметров состояния производственной среды, опасных ситуаций и опасных зон.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Решение задачи прогнозирования параметров состояния производственной среды, опасных ситуаций и опасных зон посредством оценки профессиональных рисков для конкретного рабочего места начинается с подготовки ряда сценариев, состоящих из определенных мероприятий по снижению вредных и опасных производственных факторов для каждого рабочего места [4].

В основе разработки сценариев используются протоколы инструментальных измерений вредных и опасных производственных факторов и предложения из утвержденного руководителем предприятия перечня мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда.

Множества мероприятий двух различных сценариев могут пересекаться, но не полностью. Предлагаемые сценарии проведения мероприятий должны удовлетворять экономическим, социальным, юридическим и прочим ограничениям для исследуемого промышленного объекта. Каждое мероприятие вносит определенный вклад в снижение профессионального риска по каким-либо производственным факторам, а совокупность мероприятий – сценарий – дает комплексное изменение условий труда на рабочем месте, то есть снижение уровня профессионального риска [4].

Рассмотрим решение задачи снижения уровня профессионального риска при обслуживании комплекса сооружений для очистки шахтных вод на примере рабочего места оператора очистного оборудования. Исходными данными являются результаты аттестации рабочего места оператора очистного оборудования по условиям труда (табл. 1).

**Таблица 1** – Результаты оценки условий труда оператора очистного оборудования по степени вредности и опасности

Факторы производственной среды и трудового процесса	Классы условий труда						
	оптимальный	допустимый	вредный				опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Химические							+
Биологические							
Физические:							
шум					+		
вибрация				+			
инфразвук	+						
ультразвук	+						
неионизирующие излучения							
ионизирующие излучения							
микроклимат				+			
атмосферное давление							
освещенность		+					
ионизация воздуха							
тяжесть труда			+				
напряженность труда		+					

Введем балльное обозначение классов условий труда для оператора очистного оборудования (табл. 2).

Разработаем сценарии по каждому фактору производственной среды и трудового процесса, отнесенному к категории вредных или опасных по результатам оценки условий труда оператора очистного оборудования. Выполним экспертное оценивание влияния сценариев на класс условий труда (табл. 3).

Таблица 2 – Шкала классов условий труда

Класс условий труда	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Балльное обозначение	1	2	3	4	5	6	7

Таблица 3 – Оценка воздействия мероприятий и сценариев на вредные и опасные факторы производственной среды и трудового процесса оператора очистного оборудования

Сценарии	Химические факторы	Физические факторы (шум)	Физические факторы (вибрация)	Физические факторы (микроклимат)	Физические факторы (тяжесть труда)
1	2	3	4	5	6
<b>Сценарий 1. Мероприятия для фактора «Химический фактор»</b>	-5				
1. Автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ	-1				
2. Совершенствование технологических процессов	-1				
3. Совершенствование конструкции оборудования	-1				
4. Устройство местной вентиляции для удаления вредных веществ непосредственно от мест их образования	-1				
5. Обеспечение обслуживающего персонала коллективными (общеобменная вентиляция) и индивидуальными средствами защиты (спецодежда, антиоксидантные пасты, очки, шлемы, маски, фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы)	-1				
<b>Сценарий 2. Мероприятия для фактора «Шум»</b>		-4			
1. Строительно-планировочные мероприятия (размещение объектов на промышленных площадках, объединение шумных объектов в единый блок, выбор строительных материалов, озеленение)		-1			
2. Санитарно-гигиенические мероприятия (удаление рабочих мест из шумных зон, перепланировка помещений, дополнительный отдых рабочих шумных производств)		-0,5			
3. Уменьшение шума в самом источнике за счет изменения конструкции оборудования или технологии (увеличение жесткости конструкции, замена металла на пластмассы, замена зубчатых передач на фрикционные, введение смазки и т.д.)		-1			
4. Применение экранов (звукопоглощающих, звукоизолирующих) и глушителей		-0,5			
5. Применение средств индивидуальной защиты (наушники, шлемы, вкладыши)		-1			
<b>Сценарий 3. Мероприятия для фактора «Вибрация»</b>			-3		
1. Уменьшение уровня вибрации в самом источнике за счет совершенствования конструкций машин и процессов			-0,5		
2. Вибродемпфирование (вибропоглощение) – использование конструктивных материалов с большим внутренним трением, нанесение на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение (пластмассы, дерево, резина)			-0,5		
3. Виброизоляция при помощи устройства амортизаторов, т.е. введение в колебательную систему дополнительной упругой связи			-0,5		

1	2	3	4	5	6
4. Активная виброзащита – введение дополнительного источника энергии, осуществляющего обратную связь от изолируемого объекта к системе виброизоляции			-0,5		
5. Средства индивидуальной защиты (обувь, перчатки, накладки, антивибрационные пояса, подушки, прокладки, виброгасящие коврики, виброгасящая обувь)			-0,5		
6. Режим труда и отдыха (не более 2/3 рабочей смены действие вибрации), перерывы, ежегодные медицинские осмотры; социально-гигиенические мероприятия			-0,5		
<b>Сценарий 4. Мероприятия для фактора «Микроклимат»</b>				-3	
1. Устранение источника тепловыделений				-1	
2. Устройство защиты от тепловой радиации (поглощающие и отражающие стационарные и подвижные экраны)				-0,5	
3. Применение средств облегчающих теплоотдачу тела человека (местное кондиционирование, использование воздушного душа)				-1	
4. Индивидуальная защита (спецодежда из сукна, брезента, шляпы из войлока, фетра, спецобувь, очки со светофильтрами)				-0,5	
<b>Сценарий 5. Мероприятия для фактора «Тяжесть труда»</b>					
1. Обеспечение соблюдения режима рабочего времени и времени отдыха, организация перерывов через 1,5–2 часа работы, продолжительностью не менее 10 минут каждый					-1
<b>Сценарий 6. Комплексный (включает все мероприятия сценариев 1–5)</b>	-5	-4	-3	-3	-1

Составим прогнозы профессиональных рисков для каждого из сценариев, просуммировав балльные оценки воздействия сценариев с результатами аттестации рабочего места (текущее состояние) (табл. 4). Для удобства восприятия балльные значения переведены в обозначения классов условий труда.

**Таблица 4** – Прогнозирование профессиональных рисков оператора очистного оборудования

Сценарии	Факторы производственной среды и трудового процесса													
	Химические	Биологические	Физические:											
			шум	вибрация	инфразвук	ультразвук	неионизирующее излучение	ионизирующее излучение	микроклимат	атмосферное давление	освещенность	ионизация воздуха	тяжесть труда	напряженность труда
Текущее состояние	4	–	3.3	3.2	1	1	–	–	3.2	–	2	–	3.1	2
Сценарий 1	2	–	3.3	3.2	1	1	–	–	3.2	–	2	–	3.1	2
Сценарий 2	4	–	1	3.2	1	1	–	–	3.2	–	2	–	3.1	2
Сценарий 3	4	–	3.3	1	1	1	–	–	3.2	–	2	–	3.1	2
Сценарий 4	4	–	3.3	3.2	1	1	–	–	1	–	2	–	3.1	2
Сценарий 5	4	–	3.3	3.2	1	1	–	–	3.2	–	2	–	2	2
Сценарий 6	2	–	1	1	1	1	–	–	1	–	2	–	2	2

Используя метод сравнения альтернатив относительно стандартов, рассчитаем снижение уровня профессионального риска при реализации каждого из сценариев [6].

Присутствующие на данном рабочем месте вредные и опасные производственные факторы оцениваются с помощью матрицы парных сравнений, используя шкалу отношений [6]. Оценке подлежат только те факторы, которые имеют оценку условий труда, относящуюся к категории вредной и (или) опасной, то есть имеющие показатели ниже 2 допустимого класса условий труда.

В таблице 5 представлена оценка опасности факторов для оператора очистного оборудования.

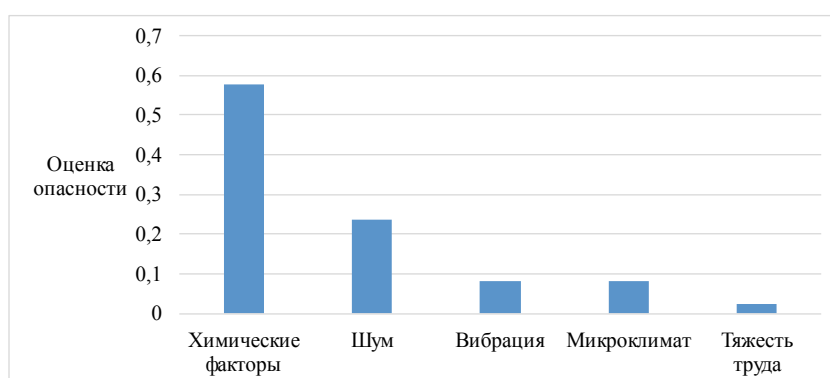
**Таблица 5** – Матрица парных сравнений оценок опасности факторов для оператора очистного оборудования

	Химические факторы	Шум	Вибрация	Микроклимат	Тяжесть труда
Химические факторы	1	3	5	5	7
Шум	0,33333	1	3	3	5
Вибрация	0,2	0,33333	1	1	3
Микроклимат	0,2	0,33333	1	1	3
Тяжесть труда	0,14286	0,2	0,33333	0,2	1

Для расчета вектора приоритетов используется среднегеометрический подход [6]. Значения вектора приоритетов факторов (оценки относительной опасности), рассчитанные как нормированный вектор среднегеометрических значений строк, представлены в таблице 6.

**Таблица 6** – Вектор приоритетов факторов (оценки относительной опасности) для оператора очистного оборудования

Факторы производственной среды и трудового процесса	Оценка опасности
Химические факторы	0,576638331
Шум	0,237074810
Вибрация	0,080560118
Микроклимат	0,080560118
Тяжесть труда	0,025166623
$\Sigma$	1



**Рисунок 1** – Оценка относительной опасности факторов для оператора очистного оборудования.

Графически оценка относительной опасности факторов производственной среды и трудового процесса может быть представлена в виде гистограммы, изображенной на рис. 1, где видна наибольшая значимость профессиональных рисков от воздействия химических факторов и шума рабочем месте. В меньшей степени, но относящиеся к категории вредных являются профессиональные риски от воздействия вибрации, микроклимата и тяжести труда.

Оценка опасности сценариев по каждому фактору производится по шкале стандартов для классов условий труда (табл. 7). Оценки шкалы выставлены в соответствии с предположением, что опасности условий труда возрастают в геометрической прогрессии при возрастании класса условий труда.

**Таблица 7** – Шкала стандартов для классов условий труда

Класс условий труда	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Балльное обозначение	1	2	4	8	16	32	64

Для текущего состояния (табл. 1) и предлагаемых сценариев (табл. 4) проставляются оценки в соответствии со шкалой стандартов (табл. 7). Далее оценки по каждому фактору нормируются. Результаты для всех сценариев и факторов представлены в таблице 8.

**Таблица 8** – Оценки опасности сценариев по факторам для оператора очистного оборудования

	Химические факторы	Шум	Вибрация	Микроклимат	Тяжесть труда
Текущее состояние	0,197530864	0,195121951	0,19047619	0,19047619	0,166666667
Сценарий 1	0,00617284	0,195121951	0,19047619	0,19047619	0,166666667
Сценарий 2	0,197530864	0,012195122	0,19047619	0,19047619	0,166666667
Сценарий 3	0,197530864	0,195121951	0,023809524	0,19047619	0,166666667
Сценарий 4	0,197530864	0,195121951	0,19047619	0,023809524	0,166666667
Сценарий 5	0,197530864	0,195121951	0,19047619	0,19047619	0,083333333
Сценарий 6	0,00617284	0,012195122	0,023809524	0,023809524	0,083333333
Σ	1	1	1	1	1

Расчет оценки опасности сценариев, снижения уровня профессионального риска, для оператора очистного оборудования представлен в таблице 9.

**Таблица 9** – Оценки опасности сценариев снижения уровня профессионального риска для оператора очистного оборудования

Название сценария	Оценка опасности сценария
Текущее состояние	0,228664124
Сценарий 1	0,114332062
Сценарий 2	0,131333052
Сценарий 3	0,15086206
Сценарий 4	0,15086206
Сценарий 5	0,199063682
Сценарий 6	0,02488296
Σ	1

Оценки опасности сценариев (табл. 9) являются основой для расчета интегрального показателя уровня профессионального риска  $R_p$  [4]:

$$R_p = \frac{W_i}{\max(W_i)} \cdot 100 \%,$$

где  $W_i$  – оценка опасности  $i$ -го сценария;  
 $\max(W_i)$  – максимальная оценка опасности среди всех сценариев (предполагая, что все сценарии будут направлены на улучшение параметров состояния производственной среды, снижение общей опасности и вредности на рабочем месте, эта оценка будет соответствовать сценарию «Текущее состояние»).

Для удобства расчетов за основу принимается интегральный показатель (табл. 10) уровня профессионального риска, который может быть рассчитан на каждый из разработанных сценариев (рис. 2).

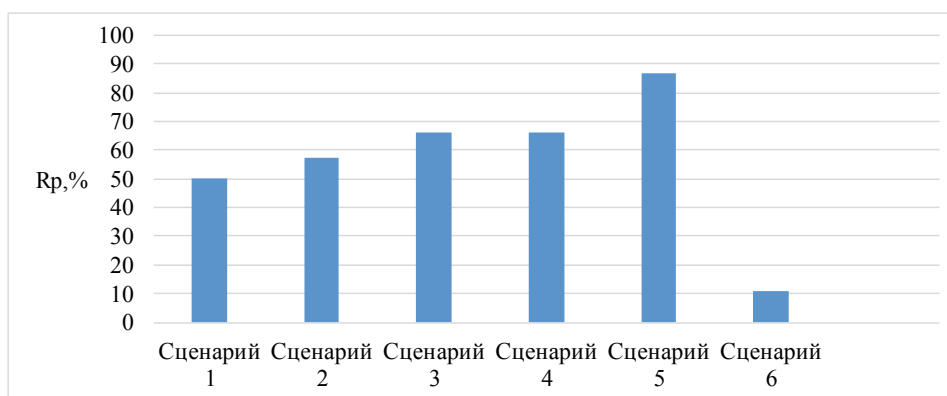
## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований предложено решение задачи оценки и снижения рисков возникновения опасных ситуаций на рабочих местах промышленных объектов.

Наилучших результатов можно добиться, реализовав «Сценарий 6 (комплексный)», что приведет к снижению уровня профессионального риска на 89,12 % (в 8,9 раз). Из сценариев, снижающих

**Таблица 10** – Результаты расчета интегрального показателя уровня профессионального риска для оператора очистного оборудования

Название сценария	Интегральный показатель уровня профессионального риска Rp, %
Текущее состояние	100,00
Сценарий 1	50,00
Сценарий 2	57,43
Сценарий 3	65,98
Сценарий 4	65,98
Сценарий 5	87,06
Сценарий 6	10,88

**Рисунок 2** – Результаты сравнения интегрального показателя уровня профессионального риска по сценариям для оператора очистного оборудования.

вредное воздействие только одного из факторов, наилучшим является «Сценарий 1. Мероприятия для фактора «Химический фактор» – снижение уровня профессионального риска на 50,00 %, что наиболее актуально, так как существенное значение при оценке профессиональных рисков в данном случае имеют вредные производственные факторы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности аттестации рабочих мест по условиям труда в строительной деятельности [Текст] / В. Н. Азаров, Н. С. Кузнецова, Л. В. Масюкова // Вестник Волгогр. Гос. арх.-строит. ун-та; Сер. : Строительство и архитектура. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2010. – Вып. 20 (39). – С. 81–86.
2. Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : приказ Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР [принят 28.02.2019] № 138. – 2019. – С. 10–12. – Режим доступа : [http://doc.dnr-online.ru/wp-content/uploads/2019/03/PrikazGKGTN\\_N138\\_28022019.pdf](http://doc.dnr-online.ru/wp-content/uploads/2019/03/PrikazGKGTN_N138_28022019.pdf).
3. Об утверждении Государственных санитарных норм и правил «Гигиеническая классификация труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса : приказ Министерства охраны здоровья Украины [Электронный ресурс] : [принят 08.04.2014] № 248, Украина. – 2014. – С. 4–9. – Режим доступа : [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/RE25249.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE25249.html).
4. Масюкова, Л. В. Прогнозирование параметров производственной среды, опасных ситуаций и опасных зон посредством оценки профессиональных рисков в строительстве [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / Масюкова Любовь Васильевна. – Волгоград, 2011. – 293 с.
5. Анализ производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Донецкой Народной Республике за 6 месяцев 2018 года [Текст] / Д. А. Достовалова, Н. С. Подгородецкий, Л. В. Николаева // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-5(133) Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 60–66.
6. Самохвалов, Ю. Я. Экспертное оценивание. Методический аспект [Текст] / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – К. : Видавництво ДУІКТ, 2007. – 263 с.

Получено 16.04.2019

Д. О. ДОСТОВАЛОВА, М. С. ПОДГОРОДЕЦЬКИЙ  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СЦЕНАРНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА  
АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ І ЗНИЖЕННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ  
НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ ПРОМИСЛОВИХ  
ОБ'ЄКТІВ  
ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

**Анотація.** У статті на прикладі робочого місця оператора очисного обладнання споруд для очищення шахтних вод розглянуто застосування методу сценарного прогнозування параметрів стану виробничого середовища з подальшим застосуванням методу аналізу ієрархій для оцінки і зниження ризиків виникнення небезпечних ситуацій на робочих місцях промислових об'єктів.

**Ключові слова:** умови праці, небезпечний і шкідливий виробничий фактор, ризик, сценарій, ієрархія, прогнозування.

DARIA DOSTOVALOVA, NICHOLAS PODGORODETSKY  
APPLICATION OF SCENARIO FORECASTING AND HIERARCHY ANALYSIS  
METHODS TO ASSESS AND REDUCE THE RISKS OF HAZARDOUS  
SITUATIONS AT INDUSTRIAL WORKPLACES  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In the article, using the example of the workplace of the operator of the sewage treatment equipment of mine water treatment systems, the application of the method of scenario forecasting of the parameters of the state of the production environment, followed by the use of the hierarchy analysis method for assessing and reducing the risks of hazardous situations at industrial sites.

**Key words:** working conditions, hazardous and harmful production factor, risk, scenario, hierarchy, forecasting.

**Достовалова Дарья Александровна** – бакалавр кафедри техносферної безпеки ГОУ ВПО «Донбасская національная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ степени возникновения риска при подземных разработках полезных ископаемых; перспективные инновационные способы газоочистки; проблемы снижения производственного травматизма, совершенствование технологии обработки шахтных вод с перспективой повторного использования воды и утилизации угольного шлама в энергетических целях.

**Подгородецкий Николай Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: охрана труда в строительстве; повышение энергоэффективности управления измельчительным переделом промышленного сырья в строительстве; повышение эффективности ультразвуковых методов контроля и диагностики для обеспечения безопасной эксплуатации строительных объектов.

**Достовалова Дар'я Олександрівна** – бакалавр кафедри техносферної безпеки ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз ступеня виникнення ризику при підземних розробках корисних копалин; перспективні інноваційні способи газоочистки; проблеми зниження виробничого травматизму, вдосконалення технології обробки шахтних вод з перспективою повторного використання води та утилізації вугільного шламу в енергетичних цілях.

**Подгородецький Микола Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: охорона праці в будівництві; підвищення енергоефективності управління подрібнювальним переделом промислової сировини в будівництві; підвищення ефективності ультразвукових методів контролю і діагностики для забезпечення безпечної експлуатації будівельних об'єктів.

**Dostovalova Daria** – Bachelor Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis of the degree of risk in underground mining; promising innovative methods of gas treatment; problems of reducing industrial injuries, improving the technology of treatment of mine water with the prospect of re-use of water and utilization of coal sludge for energy purposes.

**Podgorodetsky Nicholas** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: labor safety in construction; improve management efficiency crushing redistribution of industrial raw materials in construction; improving the efficiency of ultrasonic methods for monitoring and diagnostics to ensure safe operation of construction projects.