

УДК 621.3:622:519.24

**Б. Б. КОБЫЛЯНСКИЙ, А. Г. МНУХИН****ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ ТРАВМАТИЗМА В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ**

Показано, что подходу к угольной шахте, как к эргатическому объекту типа «человек-машина-среда», становится возможным наметить оптимальные пути снижения промышленного травматизма. В работе на основании анализа статистическими методами условий безопасной работы и причин производственного травматизма крупного угледобывающего предприятия, выполнен прогноз этих факторов в зависимости от времени, объема добычи и иных определяющих промышленный процесс явлений. Предлагаемые расчеты позволяют определить пути снижения аварийности и тем самым сократить расходы на ее ликвидацию.

**Ключевые слова:** анализ травматизма, угольная промышленность, статистика, подземный травматизм, эргатический объект, прогнозирование травматизма.

**Введение.** Планирование работы, как всей угольной промышленности, так и непосредственно ее отдельных предприятий, в частности, угольных шахт и, в первую очередь, опасных по газу или пыли, требует обращения самого пристального внимания, как на сам негативный процесс подземного травматизма, так и на причины непосредственно его определяющие.

**Цель работы.** Итак, подходу к угольной шахте, как к эргатическому объекту типа «человек-машина-среда» [1, 2], становится возможным методами параметрической и непараметрической статистики, и, в частности, корреляционного и регрессионного анализа [3-10], вывести и проанализировать ряд зависимостей, позволяющих, впоследствии на их основе, выполнить всестороннюю проверку и оценку процесса промышленного травматизма на объекте и наметить оптимальные пути его снижения.

**Методика определения факторов влияющих на травматизм.** Расчеты выполнялись на основании данных по травматизму за 1999-2009 годы, представленные одной из крупнейших угольных шахт Донецкого региона.

*В качестве анализируемых факторов в расчетах принимались:* добыча угля (тонн /сутки); численность трудящихся (чел.); производственный травматизм (несчастный случай).

*Среди травмирующих факторов рассматривались:* обрушение пород кровли, вываливание угля; машины (механизмы, приспособления, инструменты);

транспортные средства; перемещаемые грузы и другие предметы; падения людей; электричество.

*По месту травмирования данные разделялись, как полученные:* в очистных забоях; в проходческих забоях; на протяжении горных выработок; в подземных выработках; на поверхности шахты; всего на шахте.

*Кроме того, данные разделялись по профессиям:* горнорабочий очистного забоя (ГРОЗ); машинисты горно-выемочной машины (МГВМ); проходчик; крепильщик; электрослесарь; машинист электровоза; мастер-взрывник; инженерно-технический работник; другие специальности.

**Обсуждение полученных результатов при определении факторов влияющих на травматизм.** Полученные уравнения и критерии их статистической оценки приведены в табл. 1, анализируя которую можно отметить, что большинство зависимостей различных факторов от времени имеют линейный или квадратичный характер, но с различными тенденциями, как к возрастанию, так и к снижению от времени. Все представленные зависимости имеют, как правило, достаточно высокие значения коэффициентов парной или множественной корреляции и детерминации, а также соответственно узкие значения доверительных интервалов, определенных при 95 % уровне значимости.

© Б. Б. Кобылянский, А. Г. Мнухин, 2015

Таблица 1 – Регрессионная зависимость и критерии их оценки

№ п/п	Зависимость	Уравнение $y = ax_1 + ax_2 + b$	Коэф. корреляции, $r$	$X_1$ min	$X_1$ max	$X_2$ min	$X_2$ max	Доверительный интервал для:			Прогноз	Доверительный интервал для прогноза, $\Delta$
								$a_1$	$a_2$	$b$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Производственного травматизма от объема добычи	$y = -0,024x_1 + 0,034x_2 - 66,29$	0,825	1972	6750	5071	7832	-0,037; -0,01	0,004 0,014	-143,14 10,56	46,0	7; 85
2	Численности рабочих от времени	$y = 288,33x - 571606,31$	0,967	1999	2009	-	-	230,89; 345,76	-	-686707,49 -456505,13	7937	7227; 86,47
3	Объема добычи от времени	$y = 411x - 819023,67$	0,930	1999	2009	-	-	288,254;	-	-1065025,65 -573021,7	7086,38	5568,34 8604,32
4	Травматизма от численности рабочих	$y = -0,2914x + 944,555$ $y = 0,299\left(\frac{x}{100}\right)^2 - 29,136\left(\frac{x}{100}\right) + 944,555$	0,180	5071	7832	-	-	-0,012; 0,02	-	-686707,49 -456505,13	7937	7227; 8647
5	Травматизма, связанного с обрушением пород и обвалов угля от времени	$y = -1,355(x - 1998) + 2721,236$ $y = 0,383(x - 1998)^2 - 5,956(x - 1998) + 24,824$	0,71	1999	2009	-	-	-2,367; -0,342	-	629,04; 4750,44	0	0,11
6	Числа травм машинами и механизмами от времени	$y = -0,536(x - 1998) + 5,036$ $y = 0,122(x - 1998)^2 - 2,005(x - 1998) + 8,218$	0,72	1999	2009	-	-	-0,93; -0,142	-	2,366; 7,707	0	0; 3
7	Числа травм грузами и предметами от времени	$y = -0,791(x - 1998) + 7,745$	0,78	1999	2009	-	-	-1,263; -0,318	-	4,541; 10,95	0	0; 4
8	Числа травм при падении людей от времени	$y = 0,223(x - 1998)^2 - 2,862(x - 1998) + 10,206$	0,21	1999	2009	-	-	-5,076; -0,649	0,043; 0,402	4,427; 15,985	8	0; 15
9	Числа травм в очистных забоях от времени	$y = 0,839(x - 1998)^2 - 9,852(x - 1998) + 34,509$	0,08	1999	2009	-	-	-15,215; -4,489	0,403; 1,274	20,507; 48,511	37	22; 52
10	Числа травм в проходке от времени	$y = -0,373(x - 1998) + 8,6$	0,33	1999	2009	-	-	-	-	-	4	0; 14
11	Числа травм на протяжении выработки от времени	$y = 0,622(x - 1998)^2 - 7,014(x - 1998) + 26,091$	0,18	1999	2009	-	-	-13,163; -0,853	0,123; 1,121	10,037; 42,144	31	16; 47
12	Числа травм в подземных выработках от времени	$y = -2,536(x - 1998) + 59,036$	0,49	1999	2009	-	-	-	-	-	39	0; 114

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	Числа травм на поверхности от времени	$y = -0,273(x - 1998) + 6,364$ $y = 0,291(x - 1998)^2 - 3,769(x - 1998) + 17,939$	0,28	1999	2009	-	-	-	-	-	3	0; 96
				1999	2009	-	-	-5,419; -2,119	0,157; 0,425	9,631; 18,248	93	+67; 119
14	Общего числа травм от времени	$y = 2,076(x - 1998)^2 - 24,627(x - 1998) + 89,461$	0,04	1999	2009	-	-	-34,483; -14,771	1,276; 2,876	63,728; 115,193	93	67; 119
15	Числа травм ГРОЗ от времени	$y = 0,721(x - 1998)^2 - 8,466(x - 1998) + 29,067$	0,09	1999	2009	-	-	-11,794; -5,139	0,451; 0,992	20,379; 37,754	33	0; 76
16	Числа травм МГВМ от времени	$y = 0,184(x - 1998)^2 - 2,264(x - 1998) + 8,388$	0,08	1999	2009	-	-	-4,038; -0,49	0,04; 0,328	3,756; 13,02	33	0; 76
17	Числа травм проходчиков от времени	$y = -0,7(x - 1998) + 9,473$ $y = 0,146(x - 1998)^2 - 2,448(x - 1998) + 13,261$	0,65	1999	2009	-	-	-1,32; -0,08	-	5,27; 13,675	1	0; 9
				1999	2009	-	-	-5,016; 0,12	0,063; 0,354	6,556; 19,965	5	0; 12
18	Числа травм электрослесарей от времени	$y = 0,198(x - 1998)^2 - 2,45(x - 1998) + 9,406$	0,11	1999	2009	-	-	-3,704; -1,196	0,096; 0,3	6,131; 12,68	9	5; 12
19	Числа травм машинистов от времени	$y = -0,127(x - 1998) + 1,218$	0,61	1999	2009	-	-	-0,251; -0,004	-	0,381; 2,055	0	0; 1
20	Числа травм ИТР от времени	$y = 0,214(x - 1998)^2 - 2,828(x - 1998) + 9,739$	0,24	1999	2009	-	-	-5,817; 0,161	-0,028; 0,457	1,936; 17,543	7	0, 15
21	Числа травм других специальностей от времени	$y = 0,864(x - 1998) + 5$ $y = 0,547(x - 1998)^2 - 5,696(x - 1998) + 19,212$	0,62	1999	2009	-	-	-0,721; 2,448	-	-5,745; 15,745	15	0; 34
				1999	2009	-	-	-10,888; 0,504	0,125; 0,968	5,656; 32,768	30	15; 44

Графическая интерпретация первых полученных уравнений представлена на рис. 1 а, б, из которого следует, что, как численность рабочих, так и объем добычи угля имеют устойчивую тенденцию к увеличению, причем динамика объема добычи товарной продукции – 159,6 % явно превышает аналогичную тенденцию роста численности персонала – 42,7 %, что может объясняться только увеличением интенсивности работы – 540 % и налаживанием процесса производства на конкретном рассматриваемом предприятии (рис. 1, в).

Кривые общего травматизма, как в зависимости от времени, так и от численности персонала, имеют уже нелинейный параболический характер и могут быть описаны, как уже упоминалось, методами непараметрической статистики. Причем, можно отметить, что нижние точки параболы находятся в середине, как отрезка временной оси абсцисс (2004г.), так и непосредственно среди значений численности трудящихся (6420 чел.). Зависимости же, описывающие травматизм в угольной промышленности Донецкого региона, связанный с обрушением и обвалами, транспортными средствами, а также иными грузами и предметами (рис. 1 г, ж, з) имеют тенденцию к снижению в 2006-2008 гг. вплоть до нуля.

Из представленных далее зависимостей обращают на себя внимание зависимости 1 л и 1 у, которые могут быть интерпретированы как линейные, которые

характеризуют травмирование горнорабочих при проходке и машинистов шахтного транспорта. Характеризуя травматизм, связанный с динамикой (перемещением) рабочего места горнорабочего вдоль шахтных выработок, можно сделать вывод, что именно это явление наилучшим образом поддается коррекции в сторону уменьшения, снижаясь соответственно в рассматриваемом периоде на 42,7 % и вплоть до нуля. Так как ни увеличение общей численности горнорабочих, ни увеличение добычи угля не приводят к росту травматизма этого вида, то можно сделать вывод, что предпринимаемые в этом направлении усилия являются адекватными производственному процессу и вряд ли будут нуждаться в существенной коррекции в ближайшем будущем.

Травмирование же рабочих других специальностей, независимо от места их основной работы, описывается посредством уравнения второго порядка (параболы) с нижней точкой, примерно на уровне 2004 года (рис. 1, и, к, м, н, о, п, р, с, т, ф, х), начиная с которого возникает рост всех видов травм у рабочих и инженерно-технического персонала, как в подземных условиях (рис. 1, н), так и непосредственно на поверхности (рис. 1, о), что отнюдь не определяется изменением горно-геологических условий действующего предприятия, а вытекает из организации трудового процесса на конкретном предприятии.

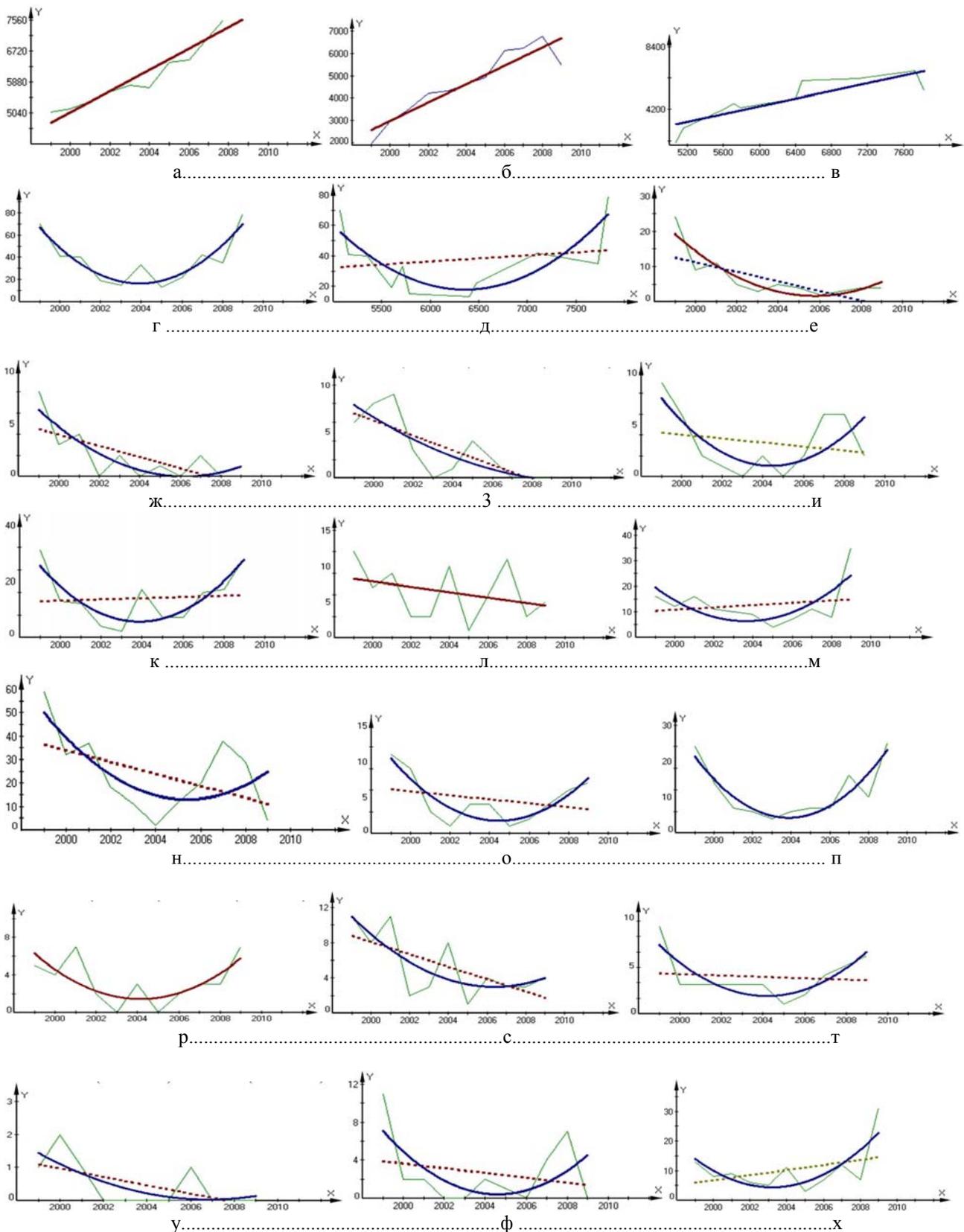


Рис. 1 – Графики зависимости: а - численность рабочих (y) от времени (x); б - добыча (y) от времени (x); в - добыча (y) от численности трудящихся (x); г - травматизм (y) от времени (x); д - травматизм (y) от численности трудящихся (x); е - травматизм из-за обрушения пород кровли и обвалов угля (y) от времени (x); ж - травмы транспортными средствами (y) от времени (x); з - травмы грузами и предметами (y) от времени (x); и - травмы при падении людей (y) от времени (x); к - травмы в очистных забоях (y) от времени (x); л - травмы в проходке (y) от времени(x); м - травмы на протяжении выработки (y) от времени (x); н - травмы в подземных выработках (y) от времени (x); о - травмы на поверхности (y) от времени (x); п - травмы ГРОЗ (y) от времени (x); р - травмы МГВМ (y) от времени (x); с - травмы проходчиков (y) от времени (x); т - травмы электрослесарей (y) от времени (x); у - травмы машинистов (y) от времени (x); ф - травмы ИТР (y) от времени (x); х - травмы других специальностей (y) от времени(x)

**Выводы.** Обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что, как подготовка персонала, так и техническое оснащение шахты (его состояние, режим обслуживания и т.д.) наиболее полно соответствовали задачам, решаемым данным предприятием в 2004-2005 годах. В этом случае добыча до 5000 тыс. тонн в сутки являлась видимо оптимальной. Дальнейшее же увеличение производственных мощностей требует подготовки, как персонала, в части обучения его безопасным методам работы, так введением новой техники с повышенным уровнем безопасности. В этом случае уровень травматизма останется, как минимум, соответствующим уровню 2004 года с реальными возможностями его дальнейшего снижения в последующие годы.

**Список литературы:** 1. Хенли, Э. Д. Надежность технических систем и оценка риска [Текст] / Э. Д. Хенли. - М.: Машиностроение, 1984. - 528 с. 2. Открытие, диплом № 26-S. Закономерная аналитическая связь между вероятностью возникновения аварий на промышленных объектах и их эргатичностью: Открытие, диплом № 26-S Брюханов А. М., Мнухин А. Г., Радченко В. В., Хохлов Л. Г. - № А -361, Заявл. 21.07.04; Зарегистр. 12.12.05. 3. Химмельблау, Д. Анализ процессов статистическими методами [Текст] / Д. Химмельблау. - М.: Мир, 1973. - 959 с. 4. Сремеев, В. С. Теория вероятностей та математична статистика [Текст] / В. С. Сремеев, Д. О. Соновских, О. В. Тітова. - Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2009. - 188 с. 5. Кендалл, М. Теория распределений [Текст] / М. Кендалл, А. Стюарт. - М.: Наука, 1966. - 588 с. 6. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям

[Текст] / Н. Ш. Кремер. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 551 с. 7. Мостеллер, Ф. Анализ данных и регрессия: в 2-х вып. Вып.1 / Пер. с англ. Ю. Н. Благовещенского; Под ред. Ю. П. Адлера [Текст] / Ф. Мостеллер, Дж. Тьюки. - М.: Финансы и статистика, 1982 - 317 с. 8. Орлова, И. В. Экономико-математические методы и модели. Выполнение расчетов в Excel [Текст] / И. В. Орлова. - М., ЗАО «Финстатинформ», 2000. - 135 с. 9. Тумасян, А. А. Статистика промышленности: учебное пособие [Текст] / А. А. Тумасян, Л. И. Василевская. - Минск: Новое знание. - Москва: Инфра-М, 2012. - 429 с. 10. Холлендер, М. Непараметрические методы статистики [Текст] / М. Холлендер, Д. Вульф. - М.: Мир, 1983. - 518 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Xenli, E. D. (1984). Nadezhnost texnicheskix sistem i ocenka riska. Moscow: Mashinostroenie, 528. 2. Otkrytie, diplom № 26-S. Zakonomernaya analiticheskaya svyaz mezhdru veroyatnostyu vozniknoveniya avarij na promyshlennyx obektax i ix ergatichnostyu: Otkrytie, diplom № 26-S Bryuxanov A. M., Mnuhin A. G., Radchenko V. V., Xoxlov L. G. № A -361, Zayavl. 21.07.04; Zaregistr. 12.12.05. 3. Ximmelblau, D. (1973). Analiz processov statisticheskimi metodami. D. Ximmelblau. Moscow: Mir, 959. 4. Eremeev, V. S., Sosnovskix, D. O., Titova, O. V. (2009). Teoriya jmovirnostej ta matematichna statistika. Melitopol: TOV «Vidavnicij budinok MMD», 188. 5. Kendall, M., Styuart, A. (1996). Teoriya raspredelenij. Moscow: Nauka, 588. 6. Kremer, N. S. (2007). Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushhixsya po ekonomicheskim special-nostyam. Moscow: YuNITI-DANA, 551. Mosteller, F., Tyuki, D. (1982). Analiz dannyx i regressiya: v 2-x vyp. Vyp.1 / Per. s angl. Yu. N. Blagoveshhenskogo; Pod red. Yu. P. Adlera. Moscow: Finansy i statistika, 317. 8. Orlova, I. V. (2000). Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli. Vy-polnenie raschetov v Excel. Moscow, ZAO «Finstatinform», 135. 9. Tumasyan, A. A., Vasilevskaya, L. I. (2012). Statistika promyshlennosti: uchebnoe posobie. Minsk: Novoe znanie. Moscow: Infra-M, 429. 10. Xollender, M., Vulf, D. (1983). Neparametricheskie metody statistiki. Moscow: Mir, 518.

Поступила (received) 06.06.2015

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Кобылянский Борис Борисович** – Кандидат технических наук, Учебно-научный профессионально-педагогический институт Украинской инженерно-педагогической академии, доцент кафедры охраны труда и экологической безопасности; тел.: 050-025-29-06; e-mail: [b.kobiliansky@yandex.ua](mailto:b.kobiliansky@yandex.ua).

**Кобыляньскій Борис Борисович** – Кандидат технічних наук, Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії, доцент кафедри охорони праці та екологічної безпеки; тел.: 050-025-29-06; e-mail: [b.kobiliansky@yandex.ua](mailto:b.kobiliansky@yandex.ua).

**Kobilyansky Boris** – PhD tehnycheskyh Sciences, Teaching and Research Professional Pedagogical Institute Ukrainian engi-neering and Pedagogical Academy, assistant professor of occupational and environmental safety; tel.: 050-025-29-06; e-mail: [b.kobiliansky@yandex.ua](mailto:b.kobiliansky@yandex.ua).

**Мнухин Анатолий Григорьевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией; Запорожская государственная инженерная академия; тел.: 050-501-68-27; e-mail: [anatoly.mnukhin@gmail.com](mailto:anatoly.mnukhin@gmail.com).

**Мнухін Анатолій Григорієвич** – доктор технічних наук, професор завідуючий науково-дослідної лабораторії, Запорізька державна інженерна академія; тел.: 050-501-68-27; e-mail: [anatoly.mnukhin@gmail.com](mailto:anatoly.mnukhin@gmail.com).

**Mnukhin Anatoly** – Dr. Eng., Head of the research laboratory of the Zaporozhye State Engineering Academy; tel.: 050-501-68-27; e-mail: [anatoly.mnukhin@gmail.com](mailto:anatoly.mnukhin@gmail.com).