

Oszacowanie możliwego poziomu urazowości w przedsiębiorstwach węglowych

W artykule przedstawiono metody obliczania wartości wskaźnika wypadkowości w kopalniach. Na tej podstawie pokazano, w jaki sposób można oszacować wartość odszkodowań wypłacanych poszkodowanym pracownikom w latach następnych (w szczególności w kolejnym roku). Badania przeprowadzono w oparciu o informacje pochodzące z kilku kopalń węgla kamiennego.

słowa kluczowe: bezpieczeństwo, bezpieczeństwo i higiena pracy, wypadkowość, wskaźnik urazowości, prognozowanie wysokości odszkodowań w górnictwie.

1. WSTĘP

Jednym z głównych sposobów oszacowania ryzyka w przedsiębiorstwach o podwyższonym stopniu niebezpieczeństwa, w szczególności w kopalniach węgla, jest badanie poziomu ryzyka urazów. W prezentowanym artykule dla analizy urazowości i chorób zawodowych pracowników przemysłu węglowego wykorzystano dane: Funduszu Ubezpieczeń Społecznych Wypadkowych dzielnicy Gorniackiej miasta Makiejewki, kopalni „Przedsiębiorstwo Państwowe Makiejewugol”, Zarządu Kopalni im. Lenina, kopalni „Chołodnaja Bałka”, kopalni „Głubokaja” oraz Prywatnego przedsiębiorstwa produkcyjnego „Gorniak-95”. Gorniacka dzielnica znajduje się w południowej części miasta Makiejewki – jest to największa pod względem liczby ludności (99,8 tys.) dzielnica tego miasta.

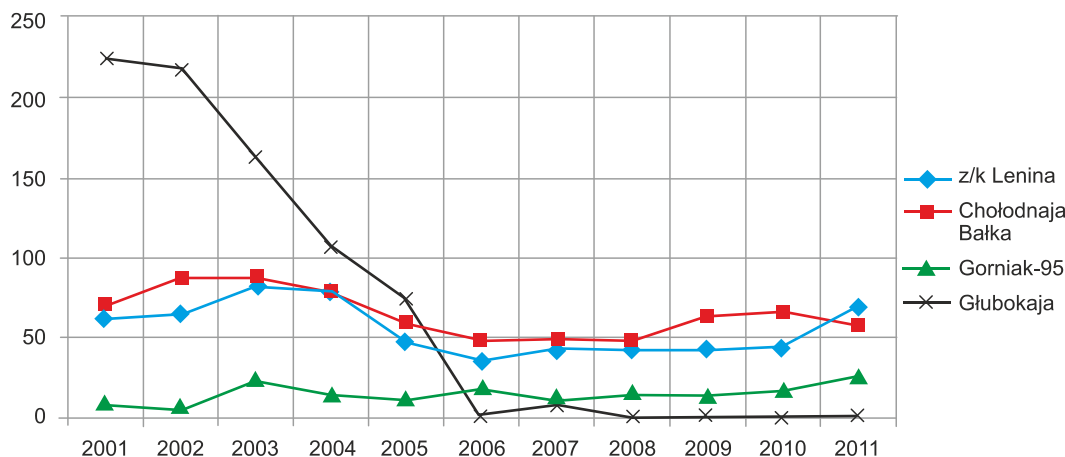
W artykule określono wyjściową dynamikę urazowości i chorób zawodowych w kopalniach Gorniackiej dzielnicy Makiejewki. W tym celu z ogólnych danych dla dzielnicy wyłączono wpływ ogólnodzielnicowych statystyk chorób zawodowych i urazów oraz dynamikę urazowości i chorób zawodowych niezwiązanych z działalnością przedsiębiorstw przemysłu węglowego. W analizie pominięto także wpływ czynników demograficznych i epidemiologicznych, które wpływają na zwiększenie poziomu urazów w dzielnicy, obliczając współczynniki wzrostu urazowości i chorób zawodowych, niezwiązanych z działalnością przedsiębiorstw przemysłu węglowego. W ten sposób skorygowano dynamikę wzrostu urazowości i chorób zawodowych w przedsiębiorstwach przemysłu węglowego Gorniackiej dzielnicy miasta Makiejewki.

Uzyskane wyniki z uwzględnieniem tak obliczonego wskaźnika urazowości dla czterech kopalni w okresie od 2001 do 2011 r. przytoczono w tab. 1.

Tabela 1.

Wartość wskaźnika urazowości w latach 2001-2011

Urazowość w kopalniach węgla											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
z/k Lenina	61	64	83	81	47	36	43	42	43	45	70
Kop. „Choł. Bałka”	70	87	88	78	58	49	49	47	64	67	60
PPP „Gorniak-95”	7	4	23	13	10	18	10	15	14	17	26
Kop. Głubokaja	224	219	162	107	75	46	7	0	0	0	0



Rys. 1. Zmiana wskaźnika urazowości w latach 2001-2011

Na podstawie zgromadzonych danych stworzono wykres zmiany wskaźnika urazowości na przestrzeni lat (rys. 1). Postać analityczna podstawowego wskaźnika urazowości ma zazwyczaj postać funkcji eksponencjalnej [1, 4]:

$$x(t) = ae^{bt} \tag{1}$$

We wzorze (1) $x(t)$ oznacza wartość podstawowego wskaźnika urazowości w chwili t , począwszy od pierwszego roku poprzedniego dziesięciolecia; a, b – stałe współczynniki; t – czas, który minął od pierwszego roku poprzedniego dziesięciolecia.

Współczynniki a i b zostały określone według następujących zależności:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i \lg x_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n \lg x_i}{\lg e \left[n \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2 \right]}, \tag{2}$$

$$\lg a = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 \sum_{i=1}^n \lg x_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n \lg x_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2}, \tag{3}$$

gdzie:

- x_i – wartość wskaźnika urazowości w roku i ,
- t_i – czas, który minął od pierwszego roku poprzedniego dziesięciolecia do roku i ,
- n – liczba obserwacji.

Błąd prognozowanych wartości wskaźnika urazowości obliczamy według następującej zależności [3]:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \sqrt{1 - \frac{n(t_j - k)^2}{\sum (t_i - k)^2}}, \tag{4}$$

gdzie:

- σ – odchylenie standardowe,
- t_i, t_j – czas, który minął od pierwszego roku poprzedniego dziesięciolecia odpowiednio do roku i bieżącego dziesięciolecia i do prognozowanego roku j ,

$$k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i. \tag{5}$$

Wartość odchylenia standardowego jest określana według następującej zależności [4, 5]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum z_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum z_i \right)^2 \right]} \tag{6}$$

Prognozowane wartości wskaźnika urazowości są obliczane według następującej zależności:

$$x_T = ae^{bT} \pm m, \tag{7}$$

gdzie:

- T – czas, który minął od pierwszego roku poprzedniego dziesięciolecia do prognozowanego roku.

Jeżeli rzeczywiste wartości wskaźnika urazowości w roku, dla którego została zrobiona prognoza, będą mniejsze lub równe od wartości obliczonych według wzoru (4), będzie to świadczyć o tym, że urazowość pozostała na tym samym poziomie lub zmniejszyła się; jeżeli rzeczywiste wartości będą większe od obliczeniowych, będzie to wskazywać na faktyczny wzrost urazowości.

Dane pochodzące z lat 2001-2010 (tab. 2) wykorzystano do obliczenia wartości współczynników a i b .

Tabela 2.

Dane liczbowe wykorzystane do obliczenia wartości a, b (kopalnia Lenina)

Dane do obliczeń						
Rok	N	t_i	t_i^2	x_i	$\lg x_i$	$t_i \lg x_i$
2001	1	1	1	61	1,785	1,785
2002	2	2	4	64	1,806	3,612
2003	3	3	9	83	1,919	5,757
2004	4	4	16	81	1,908	7,634
2005	5	5	25	47	1,672	8,360
2006	6	6	36	36	1,556	9,338
2007	7	7	49	43	1,633	11,434
2008	8	8	64	42	1,623	12,986
2009	9	9	81	43	1,633	14,701
2010	10	10	100	45	1,653	16,532
Suma	10	55	385		17,191	92,141

$$b = \frac{10 \cdot 92,141 - 55 \cdot 17,191}{0,4343[10 \cdot 385 - 55^2]} = -0,0672$$

$$\lg a = \frac{385 \cdot 17,191 - 55 \cdot 92,141}{10 \cdot 385 - (55)^2} = 1,8797$$

$$a = 76,$$

Dla tak obliczonych wartości współczynników zależność (1) przybiera postać:

$$x(t) = 76e^{-0,0672(t-2001)}.$$

Prognozowana wartość „ogólnej liczby osób z urazami” w 2011 roku będzie zatem równa:

$$x(11) = 76 \cdot e^{-0,0672 \cdot 10} = 39,$$

$$k = \frac{1}{10} \cdot 55 = 5,5;$$

$$\sum (t_i - k)^2 = (1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 + (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2 = 85$$

$$m_n = \pm \frac{17,24}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{10 \cdot (10-5,5)^2}{85}} = 11,0,$$

więc:

$$x_T = 39 \pm 10,0.$$

Można zatem wyciągnąć wniosek, że – ponieważ faktyczna wartość ogólnej urazowości w kopalni wyniosła w 2011 roku 70 (czyli była prawie dwukrotnie większa od obliczeniowej) – wykonane obliczenia świadczą o wzroście urazowości w kopalni Lenina w roku 2011.

Podobne obliczenia wykonano dla kopalni „Chłodnaja Bałka”:

Tabela 3.

Dane liczbowe wykorzystane do obliczenia wartości a, b (kopalnia Chłodnaja Bałka)

Dane do obliczeń						
Rok	N	t_i	t_i^2	x_i	$\lg x_i$	$t_i \lg x_i$
2001	1	1	1	70	1,845	1,845
2002	2	2	4	87	1,940	3,879
2003	3	3	9	88	1,944	5,833
2004	4	4	16	78	1,892	7,568
2005	5	5	25	58	1,763	8,817
2006	6	6	36	49	1,690	10,141
2007	7	7	49	49	1,690	11,831
2008	8	8	64	47	1,672	13,377
2009	9	9	81	64	1,806	16,256
2010	10	10	100	67	1,826	18,261
Suma	10	55	385		18,069	97,809

$$b = \frac{10 \cdot 97,809 - 55 \cdot 18,069}{0,4343[10 \cdot 385 - 55^2]} = -0,0439$$

$$k = \frac{1}{10} \cdot 55 = 5,5$$

$$\lg a = \frac{385 \cdot 18,069 - 55 \cdot 97,809}{10 \cdot 385 - (55)^2} = 1,9118$$

$$\sum (t_i - k)^2 = (1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 + (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2 = 85$$

$$a = 82,$$

$$m_n = \pm \frac{20,78}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{10 \cdot (10-5,5)^2}{85}} = 13,0,$$

zależność (1) ma zatem postać:

$$x(t) = 82e^{-0,0439(t-2001)}.$$

$$x_T = 53 \pm 13,0.$$

Prognozowana wartość „ogólnej liczby osób z urazami” w 2011 roku będzie równa:

$$x(11) = 82 \cdot e^{-0,0439 \cdot 10} = 53.$$

Prognozowana wartość wskaźnika urazowości:

Faktyczna wartość ogólnej urazowości w kopalni w 2011 roku wyniosła 60. Z uwagi na to, iż prognozowana wartość wskaźnika ogólnej urazowości zmienia się od 40 do 66, można stwierdzić, że urazowość w kopalni „Chołodnaja Bałka” w 2011 roku pozostaje na tym samym poziomie.

Dalsze obliczenia wykonano dla danych pochodzących z PPP „Gorniak-95” (tab. 4).

Tabela 4.

Dane liczbowe wykorzystane do obliczenia wartości a, b (PPP „Gorniak-95”)

Dane do obliczeń						
Rok	N	t _i	t _i ²	x _i	lgx _i	t _i lgx _i
2001	1	1	1	7	0,845	0,845
2002	2	2	4	4	0,602	1,204
2003	3	3	9	23	1,362	4,085
2004	4	4	16	13	1,114	4,456
2005	5	5	25	10	1,000	5,000
2006	6	6	36	18	1,255	7,532
2007	7	7	49	10	1,000	7,000
2008	8	8	64	15	1,176	9,409
2009	9	9	81	14	1,146	10,315
2010	10	10	100	17	1,230	12,304
Suma	10	55	385		10,731	62,150

$$b = \frac{10 \cdot 62,150 - 55 \cdot 10,731}{0,4343[10 \cdot 385 - 55^2]} = 0,0874$$

$$k = \frac{1}{10} \cdot 55 = 5,5,$$

$$\lg a = \frac{385 \cdot 10,731 - 55 \cdot 62,150}{10 \cdot 385 - (55)^2} = 0,8643$$

$$\sum (t_i - k)^2 = (1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 + (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2 = 85$$

$$a = 7,$$

$$m_n = \pm \frac{4,14}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{10 \cdot (10-5,5)^2}{85}} = 3,0,$$

W tym przypadku zależność (1) przybiera postać:

$$x(t) = 7e^{0,0874(t-2001)}.$$

$$x_T = 17 \pm 3,0.$$

Prognozowana wartość wskaźnika „ogólnej liczby osób z urazami” w 2011 będzie równa:

$$x(11) = 7 \cdot e^{0,0874 \cdot 10} = 17,$$

Analizując uzyskane wyniki, można zauważyć, że faktyczna wartość ogólnej urazowości w kopalni w roku 2011 wyniosła 26. Ponieważ prognozowana wartość wskaźnika urazowości zmienia się od 14 do 20, można stwierdzić, że urazowość w PPP „Gorniak-95” w 2011 r. zwiększyła się.

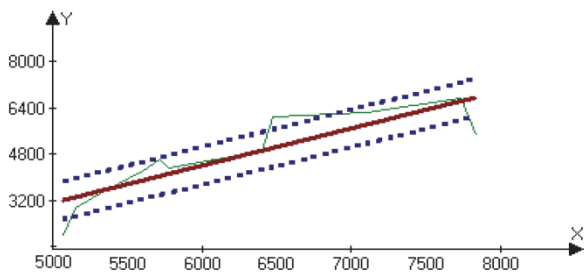
Tabela 5.

Analiza regresji – wpływ poszczególnych czynników na urazowość i wysokość odszkodowań

nr	Zależność	$y = ax_0 + b; \bar{y} = ax + b; \underline{y} = ax + b;$ $y = ax_1 + a_2x_2 + b$	Współczynnik korelacji, r	X_1 min	X_1 max	X_2 min	X_2 max	Przedział ufności dla:			r
								a_1	a_2	b	
1	2		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Wydobycie węgla w zależności od liczby pracowników i urazowości (rys. 2a)	$y = 1,29x_1 - 3346,05$ $\bar{y} = 1,29x_1 - 2694,61$ $\underline{y} = 1,29x_1 - 3997,49$ $y = 1,4x_1 - 28,42x_2 - 2989,75$	0,87	5071	7832	13	79	0,73; 1,84		-6821,17; 129,07	0,7; 1
2	Wpłaty dla poszkodowanych w zależności od liczby osób z urazami: Chłodnaja Bałka (rys. 2b)	$y = -85,12x + 12240,78$ $\underline{y} = -85,12x + 12240,78 - 8988,14\sqrt{0,00065 * (x - 62,5)^2 + 0,125}$ $\bar{y} = -85,12x + 12240,78 + 8988,14\sqrt{0,00065 * (x - 62,5)^2 + 0,125}$ $y = -85,12x + 12240,78$	0,47	47	88			-243,02; 72,79		2131,78 22349,78	-1; 0,45
	Gorniak-95 (rys. 2c)	$\underline{y} = -14,57x + 752,44 - 1301,61\sqrt{0,00065 * (x - 15)^2 + 0,125}$ $\bar{y} = -14,57x + 752,44 + 1301,61\sqrt{0,00065 * (x - 15)^2 + 0,125}$ $y = -63,82x + 7490,64$	0,16	10	23			-102,02; 72,88		-606,54; 2111,41	-1; 1
	Lenin (rys. 2d)	$\underline{y} = -63,82x + 7490,64 - 5863,92\sqrt{0,00065 * (x - 52,38)^2 + 0,125}$ $\bar{y} = -63,82x + 752,44 + 5863,92\sqrt{0,00065 * (x - 52,38)^2 + 0,125}$ $y = -67,78x + 933,49$	0,68	35	83			-131,75; 4,11		3741,27; 11240,04	-1; 0,2
	Wpłaty dla poszkodowanych w zależności od liczby osób z urazami (dane zagregowane) (rys. 2e i 2f)	$y = -67,78x + 933,49$; $\underline{y} = 67,78x - 508,23$, $\bar{y} = 67,78x + 2375,2$ $y = -3,49x^2 + 390x - 4420,27$	0,52					19,1; 116,46		-1482,02; 3349	0,22; 0,83
4	Wysokość wypłat dla jednego poszkodowanego w kolejnych latach:										
	a) Chłodnaja Bałka	$y = 19,77x - 39554,19$	0,87					8,54; 31		-62085,5; -1722,89	110,96; 295,6
	b) Gorniak-95	$y = 9,82x - 19670,94$	0,88					4,4; 15,24		-30546,9; -8794	29,63; 1 24,53
	c) Lenin	$y = 19,13x - 38295,3$	0,97					14,58; 23,67		-47410; -29180,56	137,32; 212,94
	d) Wysokość wypłat dla jednego poszkodowanego w kolejnych latach (dane połączone)	$y = 18,19x - 36409,23$	0,94					11,4; 25		-50057,19; -22761,27	107,55; 234,17

Wydobycie węgla (y) w zależności od liczby pracowników (x₁) i poziomu urazowości (x₂)

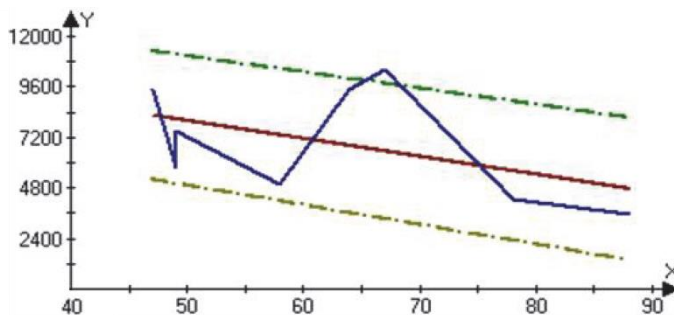
$$\begin{aligned} \text{a) } & y = 1.40x_1 - 28.42x_2 - 2989.75 \\ & \underline{y} = 1.29x_1 - 3346.05 \\ & \underline{\bar{y}} = 1.29x_1 - 3997.49 \\ & \bar{y} = 1.29x_1 - 2694.61 \end{aligned}$$



Wysokość wypłat dla poszkodowanych (y) w zależności od liczby osób z urazami (x) *Chłodnaja Bałka*

$$\text{b) } y = -85.12x + 12240.78.$$

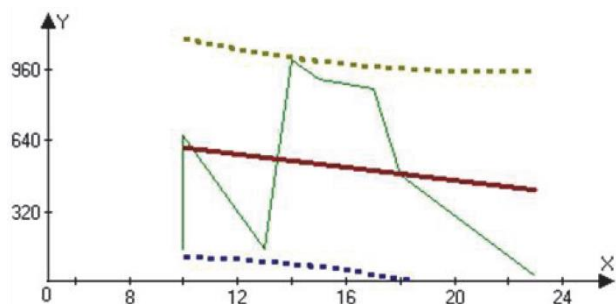
$$\begin{aligned} \underline{y} &= -85.12x + 12240.78 - 8988.14\sqrt{0.00065*(x-62.5)^2 + 0.125} \\ \bar{y} &= -85.12x + 12240.78 + 8988.14\sqrt{0.00065*(x-62.5)^2 + 0.125} \end{aligned}$$



Wysokość wypłat dla poszkodowanych (y) w zależności od liczby osób z urazami (x) *„Gorniak-95”*

$$\text{c) } y = -85.12x + 12240.78$$

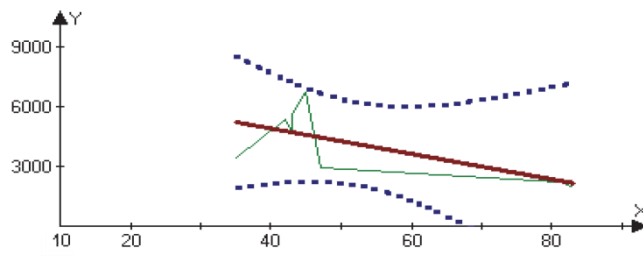
$$\begin{aligned} \underline{y} &= -14.57x + 752.44 - 1301.61\sqrt{0.00065*(x-15)^2 + 0.125} \\ \bar{y} &= -14.57x + 752.44 + 1301.61\sqrt{0.00065*(x-15)^2 + 0.125} \end{aligned}$$



Wysokość wypłat dla poszkodowanych (y) w zależności od liczby osób z urazami (x) *Lenin*

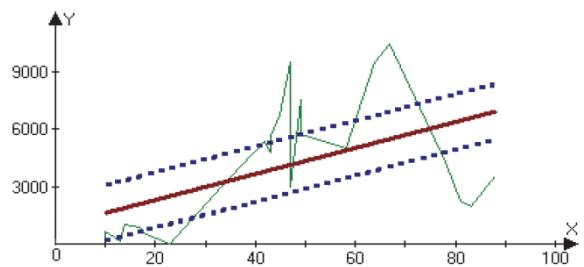
$$\text{d) } y = -63.82x + 7490.64.$$

$$\begin{aligned} \underline{y} &= -63.82x + 7490.64 - 5863.92\sqrt{0.00065*(x-52.38)^2 + 0.125} \\ \bar{y} &= -63.82x + 7490.64 + 5863.92\sqrt{0.00065*(x-52.38)^2 + 0.125} \end{aligned}$$

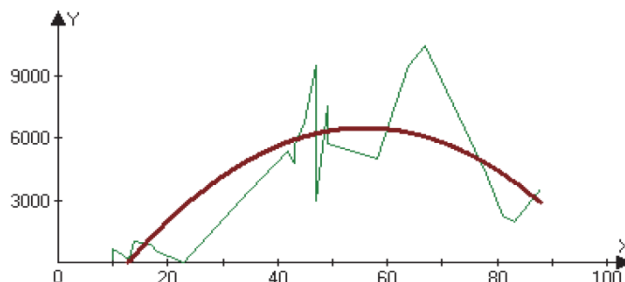


Dane zagregowane – wypłaty dla poszkodowanych (y) w zależności od liczby osób z urazami (x) (funkcje liniowa i kwadratowa)

$$\begin{aligned} \text{e) } & y = 67.78x + 933.49; \\ & \underline{y} = 67.78x - 508.23, \\ & \bar{y} = 67.78x + 2375.2 \end{aligned}$$



$$\text{e) } y = -3.49x^2 + 390x - 4420.27$$



Rys. 2. Ilustracja zależności obliczonych w tab. 5

W sytuacji, gdy dysponuje się możliwością oszacowania urazowości w kopalniach, celowe jest planowanie wypłat dla poszkodowanych w latach kolejnych (w szczególności w roku przyszłym).

Wykorzystując metody statystyki parametrycznej i nieparametrycznej można wyprowadzić i przeanalizować szereg zależności, które pozwalają na wszechstronną analizę oceny procesu wypadków przy pracy. W dalszych badaniach pod uwagę wzięto następujące czynniki:

- wydobywanie węgla (ton/doba);
- liczbę zatrudnionych (os.);
- liczbę osób z urazami (os.);
- wypłaty dla poszkodowanych (USD).

Uzyskane równania i kryteria ich oceny statystycznej przytoczono w tab. 5. Jak widać, większość z nich ma charakter liniowy lub kwadratowy. Wszystkie przedstawione zależności mają z reguły dość wysokie wartości współczynników korelacji (dwuwymiarowej lub wielowymiarowej) i determinacji oraz odpowiednio wąski zakres wartości prze-

działów ufności, określonych przy poziomie istotności 95%.

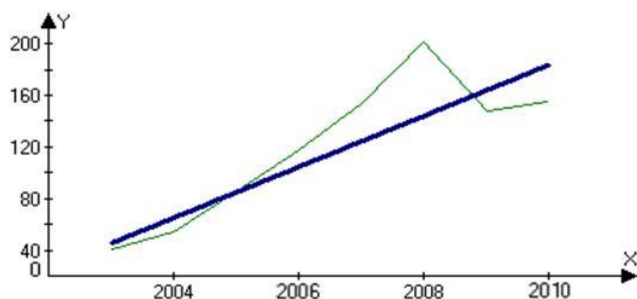
Interpretacja graficzna uzyskanych równań została przedstawiona na rys. 2a, z którego wynika, że poziom urazowości wykazuje trwałą tendencję do wzrostu wraz ze zwiększeniem wydobywania węgla (zwiększeniem intensywności prac).

Zależności wypłat dla poszkodowanych od liczby osób z urazami w kopalniach (rys. 2b-d) mogą być interpretowane jako liniowe i mające trwałą tendencję do zmniejszania się wraz ze zwiększeniem liczby poszkodowanych, czyli przy stabilnym, ustalonym procesie produkcyjnym przeważają lekkie, nieśmiertelne urazy, których skutki są likwidowane bez większych wydatków.

Zależność wypłat dla poszkodowanych (połączone dane) od liczby osób z urazami może być rozpatrywana jako liniowa (rys. 2d), lub nieliniowa (rys. 2e), jednak w tym przypadku dla jej dalszego badania należy stosować metody statystyki nieparametrycznej [2, 3, 4].

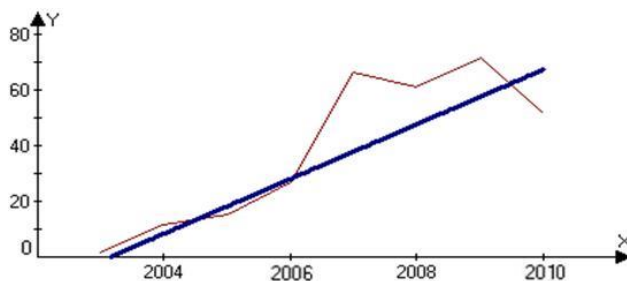
Chłodnaja Balka

$$a) y(x) = 19.77x - 39554.19$$



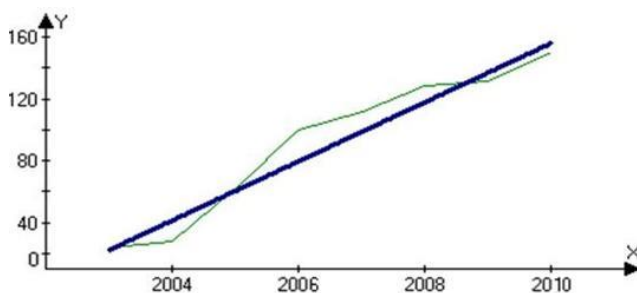
Gorniak-95

$$b) y(x) = 9.82x - 19670.94$$



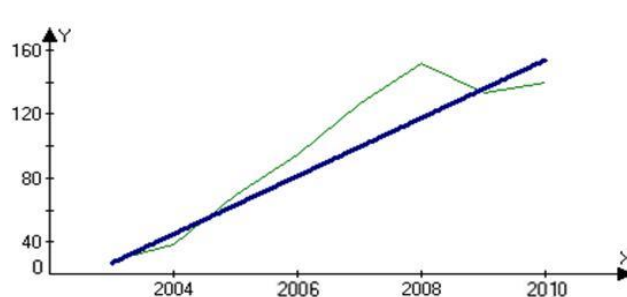
Lenin

$$c) y(x) = 19.13x - 38295.3$$



Dane zagregowane

$$d) y(x) = 18.19x - 36407.86$$



Rys. 3. Wysokość wypłat odszkodowań dla jednego poszkodowanego (y) w kolejnych latach (x)

Wysokość wypłat dla jednego poszkodowanego w kolejnych latach ma charakter liniowy z trendem rosnącym (rys. 3a-c – dla pojedynczych kopalń; rys. 3d – dane zagregowane).

Rys. 3a-c pokazują wyraźnie, że podczas gdy następstwa urazowości w kopalni „Chołodnaja Bałka” i w kopalni im. Lenina są dość zbliżone, nowe prywatne przedsiębiorstwo „Gorniak-95” ma znacznie (co najmniej dwukrotnie!!!) lepsze wyniki, jeżeli chodzi o stopień ciężkości urazów i ich następstw.

2. PODSUMOWANIE

Podsumowując, można wyciągnąć wniosek, że wraz ze zwiększeniem intensywności prac wydobywczych wzrasta poziom urazowości i, w następstwie tego, liczba wypłat dla poszkodowanych. Interesujące jest to, że w przypadku przedsiębiorstw o bardzo podobnych warunkach górniczo-geologicznych wydatki na ubezpieczenia wypadkowe jednego pracownika (średnia faktyczna ciężkość urazów) mogą się różnić nawet ponad dwukrotnie. Dalsze zwiększenie intensywności produkcji wymaga zatem zarówno przygotowania personelu (przeszkolenia w zakresie bezpiecznych metod pracy), jak i wdrożenia nowych urządzeń o zwiększonym stopniu bezpieczeństwa [6]. Implementacja procedur podniesienia zasad bezpie-

czeństwa i higieny pracy oraz wprowadzanie nowych technologii wydobywczych będzie przekładało się na spadkową tendencję wydatków związanych z wypłatami z tytułu wypadków przy pracy. Przedstawione w artykule modele statystyczne pozwalają stosunkowo dobrze szacować i prognozować stopień urazowości, a przez to wysokość wypłat związanych z odszkodowaniami z tytułu wypadków przy pracy. W dalszych badaniach należałoby uwzględnić (liczbowo) stopień świadomości załogi w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz stopień nowoczesności technologii stosowanych podczas wydobycia.

Literatura

1. Kendall M., Stuart A.: *Teoria dystrybucji*, Nauka, Moskwa 1966.
2. Himmelblau D.: *Analiza procesów metodami statystycznymi*, Mir, Moskwa 1973.
3. Holander M., Wolfe D.: *Nieparametryczne metody statystyki*, Mir, Moskwa, 1983, s. 518.
4. Mnuhkin A.G., Briuchanow A.M., Machno S.J., Kobylanskij B.B.: *Prognoza poziomu urazowości w przedsiębiorstwach węglowych Ukrainy*. „Węgiel Ukrainy”, 2015, nr 1-2, s. 61-67.
5. Mosteller F.: *Analiza danych i regresja: w dwóch wydaniach*, Finansy i statistika, Moskwa 1982, s. 317.
6. Trenczek S.: *Kreowanie bezpiecznego górnictwa poprzez dostosowywanie przepisów i systemowego monitorowania do zmieniających się warunków naturalnych*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, 2013, nr 1, s. 5-12.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.