

*Renata Patyńska**

PRAWDOPODOBIENSTWO DOPASOWANIA ROZKŁADÓW PARAMETRÓW TĄPNIĘĆ ZAISTNIAŁYCH W OTOCZENIU WYROBISK CHODNIKOWYCH W GZW W LATACH 1989–2009

1. Wprowadzenie

Istniejące opracowania i analizy zjawisk tąpnięć, prawie zawsze odnoszą się do „opisu matematycznego” górotworu, w którym realizowane były, są lub będą roboty górnicze. Autorzy oceniając warunki górniczo–geologiczne otoczenia robót górniczych, korzystają zarówno z parametrów niezależnych, wynikających z własności górotworu, w tym pokładów, jak i parametrów zależnych, uwarunkowanych technologią wykonywanych robót górniczych. Potrzeba określenia kształtu rozkładów parametrów najczęściej stosowanych dla oceny stanu zagrożenia tąpnięciami stała się podstawą niniejszej pracy.

Generalnie przyjmuje się [1, 4], że zagrożenie tąpnięciami wynika z warunków geologiczno–górnich bądź też zmieniającego się stanu naprężenia i odkształcenia w górotworze w rezultacie prowadzonych robót górniczych. Pomijając złożoność przypadków tąpnięć, wytypowano 5 mierzalnych parametrów warunkujących wystąpienie tąpnięcia. Spośród wszystkich odnotowanych po roku 1949 tąpnięć, przeanalizowano 130 przypadków, zaistniałych w kopalniach GZW w ostatnich 20 latach. Założono, że każde tąpnięcie opisuje przynajmniej kilka parametrów wynikających z warunków otoczenia miejsca skutków tąpnięcia. W tabeli 1 zestawiono parametry dla których przeprowadzono analizę kształtu ich rozkładów w oparciu o rozeznanie górnicze.

Analiza miejsc tąpnięć wykazała 55 zdarzeń, które zaistniały wyłącznie w otoczeniu wyrobisk korytarzowych, zlokalizowanych poza strefą ciśnień eksploatacyjnych.

Rezultaty tych analiz oraz przedstawionych w pracy [9] rozkładów parametrów tąpnięć zaistniałych w otoczeniu pól ścianowych, mogą być wykorzystane zarówno do prognozowania stanu zagrożenia tąpnięciami robót górniczych, prowadzonych w określonych geologicz-

* Zakład Tępań i Mechaniki Górotworu, Główny Instytut Górnictwa, Katowice

no-górnicych uwarunkowaniach oraz do doboru i zastosowania w odpowiednim miejscu i czasie określonych zabiegów profilaktycznych dla uniknięcia kolejnych tąpnięć.

2. Analiza parametrów tąpnięć

Na podstawie archiwalnych danych gromadzonych w *Banku danych o tąpniach w latach 1989–2009* [6] oraz w Raportach rocznych [7] wyselekcjonowano parametry warunkujące lub mogące mieć wpływ na wystąpienie tąpnięcia. Są to:

- głębokość pokładu/eksploatacji, m,
- kąt średni upadu pokładu, stopień,
- grubość warstwy wstrząsogennej, m,
- odległość warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu, m,
- minimalna odległość ognisko wstrząsu–skutek, m.

Analiza 55 przypadków tąpnięć zaistniałych w otoczeniu wyrobisk chodnikowych, stała się podstawą wniosku statystycznego dla ww. parametrów.

Podstawowym parametrem wymienianym często jako przyczyna tąpnięć jest głębokość zalegania pokładów/eksploatacji [1, 2, 8] — aż 48 (tj. 85%) spośród przeanalizowanych 55 tąpnięć zanotowano w otoczeniu wyrobisk chodnikowych na głębokości większej od 600 m. Około 33% tych zdarzeń wystąpiło w przedziale głębokości od 780 m do 850 m, przy średniej głębokości tąpnięć wynoszącej około 730 m (min. 400 m a max. 930), a więc większej od średniej głębokości eksploatacji w analizowanych 20 latach (tabela 1 i 2).

Nie oznacza to, że taka właśnie głębokość jest „najbardziej niebezpieczna”. Liczbę tąpnięć należałoby odnieść np. do liczby ścian lub wielkości wydobywania z poszczególnych przedziałów głębokości. Według Konopko [4] średnia głębokość eksploatacji w polskich kopalniach węgla kamiennego w roku 1989 wynosiła 524 m, a obecnie kształtuje się na poziomie 700 m i każdego roku zwiększa się o około 8 m. Maksymalna głębokość prowadzenia robót wynosi prawie 1300 m.

Kolejny analizowany parametr to kąt zalegania pokładu, który ma zasadnicze znaczenie zarówno dla projektowania jak i prowadzenia robót górniczych. Z tabeli 1 wynika, że tąpnięcia rejestrowano w pokładach o nachyleniu od 3° do 16°. Aż 51% tąpnięć zaistniało w pokładach gdzie kąt średni upadu wynosił od 5° do 8°. Można twierdzić, że 54 tąpnięcia (co stanowi ok. 98%) zaistniały w pokładach o nachyleniu 3°–12°, przy czym największa liczba tąpnięć dotyczyła średniej wartości kąta upadu około 7°, gdzie odnotowano 24 takie przypadki (44%) (tabela 3).

Kolejne analizowane parametry tąpnięć to grubość warstwy wstrząsogennej (tapiącej) i jej odległość od miejsca tąpnięcia. Zasadniczo warstwy wstrząsogenne zbudowane są z grubych, monolitycznych piaskowców i/lub iłowców, o odpowiednio wysokiej wytrzymałości i grubości. Ich udział w ocenie tąpnięcia określa między innymi wartość średniej grubości warstwy wstrząsogennej wynosząca 24 m i ich średnia odległość 40 m. Z tabeli 1 wynika, że warstwy wstrząsogenne posiadały grubość od 8,8 do 85,5 m, których odległość zalegania od pokładu wynosiła 10–77 m. Udział tychże parametrów w ogólnej liczbie 55 tąpnięć, podaje tabela 4, z której wynika, że warstwa tapiąca o grubości do 30 m dotyczy około 85% tąpnięć. Około 61% tąpnięć zaistniało w miejscach, gdzie warstwy wstrząsogenne zalegały w odległości od 20 m do 49 m od pokładu, w którym odnotowano dane zdarzenie (tabela 5).

Parametr — minimalna odległość ognisko wstrząsu–skutek, definiuje poziomą długość lokalizacji ogniska wstrząsu względem miejsca wyrobiska w pokładzie, w którym zaistniało tąpnięcie. Generalnie wartość ta jest najkrótszą odległością wyznaczoną pomiędzy rzutem hipocentrum ogniska wstrząsu na horyzont pokładu, w którym stwierdzono skutki tąpnięcia, a początkiem stref uszkodzonych i/lub zniszczonych wyrobisk górniczych w polach ścianowych. Jak wynika z tablicy 1, średnia pozioma odległość ognisko–skutek wynosiła około 64 m, przy czym skutki tąpnięcia stwierdzono zarówno w bezpośredniej poziomej odległości od ogniska wstrząsu, jak i w odległości nawet 400 m. Najczęściej odnotowywaną (tabela 6) odległością zaistnienia skutków tąpnięcia od rzutu ogniska wstrząsu, należy przyjąć odległość z przedziału 1–115 m. Przy tej odległości zaistniało 49 tąpnięć (co stanowi 88 %) spośród 55 analizowanych.

2.1. Dopasowanie rozkładów parametrów tąpnięć

Dla potrzeb analizy rozkładów wytypowanych parametrów tąpnięć, w oparciu o *Bank danych o tąpniach...* [6] przygotowano ich zastawienia szczegółowe i na tej podstawie sporządzono tabelę 1, w której podano wartości średnie, minimalne, maksymalne oraz miary rozproszenia (odchylenie standardowe) wokół ich średnich. Liczba ważnych parametrów (55) pozwoliła na wyznaczenie przedziałów klasowych dla każdego z nich $k = 7$, dzięki czemu określono długość przedziałów poszczególnych parametrów.

TABELA 1

Parametry miejsc 55 tąpnięć zaistniałych w otoczeniu wyrobisk chodnikowych w latach 1989–2009 w kopalniach GZW

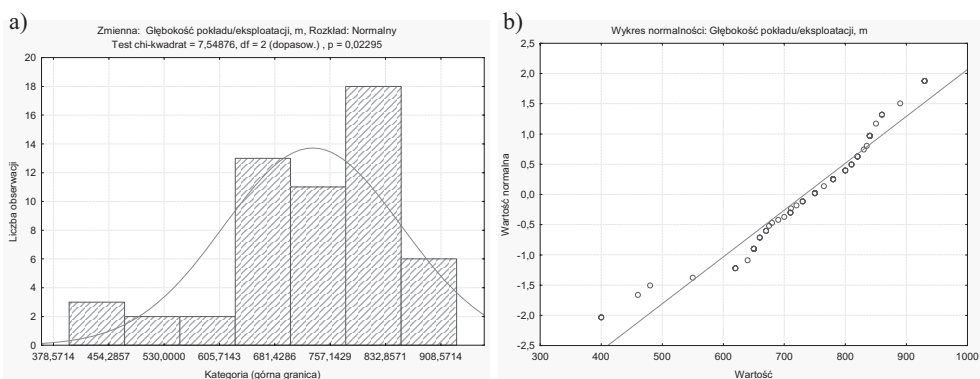
Parametry tąpnięć	Liczba ważnych parametrów	Średnia	Min.	Maks.	Odchylenie standardowe	Długość przedziału klasowego (maks.-min.)/k (liczba klas $k = \sqrt{55}$)
Głębokość pokładu/eksploatacji, m	55	733,20	400,00	930,00	121,12	71,47
Kąt średni upadu pokładu, stopień	55	6,07	3,00	16,00	2,24	1,75
Grubość warstwy wstrząsogennej, m	55	24,22	8,80	85,50	14,08	10,34
Odległość warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu, m	55	39,95	10,00	77,00	16,11	9,03
Minimalna odległość ognisko wstrząsu–skutek, m	55	64,18	1,00	400,00	69,90	53,80

Przygotowane dane statystyczne parametrów tąpnięć, posłużyły do wnioskowania statystycznego, którego wynikiem jest określenie prawdopodobieństwa każdego z nich. Technika ustalenia czy dany parametr, może być traktowany jako rozkład prawdopodobieństwa, polega na wyznaczaniu rozkładu hipotetycznego analizowanych wartości poszczególnych parametrów. Wykorzystując pakiet *Dopasowanie rozkładu* w programie STATISTICA, każdemu parametrowi

przypisano określony rozkład teoretyczny w oparciu o rozkład rzeczywistych danych. Dopasowania rozkładów sprawdzono testem zgodności Chi–kwadrat. Poniżej podano wyniki dopasowania rozkładów rzeczywistych wartości względem wartości teoretycznych każdego parametru.

2.1.1. Głębokość pokładu/eksploatacji

Analiza parametru głębokości występowania tąpnięć dotyczy rozkładu licznosci tąpnięć względem przyjętej długości przedziału klasowego (71,47 m) (tabela 1). Dopasowując rozkład rzeczywistych 55 głębokości występowania tąpnięć, w 7 klasach głębokościowych, przyjęto do analizy teoretyczny rozkład normalny. Zgodność pomiędzy rozkładem rzeczywistym i dobranym normalnym określona testem Chi–kwadrat, wynosi 7,5488 a p –wartość tej zgodności 0,0230, dlatego na poziomie istotności 0,05 należy odrzucić hipotezę o rozkładzie normalnym. Przyjęcie jednak poziomu istotności 0,01 sugeruje, że rozkład normalny jest właściwym dopasowaniem dla rozkładu rzeczywistego (rys. 1a–1b) parametru głębokości tąpnięć.



Rys. 1. Parametr głębokości pokładu eksploatacji: a) dopasowanie rozkładu normalnego i histogramu tąpnięć, b) normalność

TABELA 2

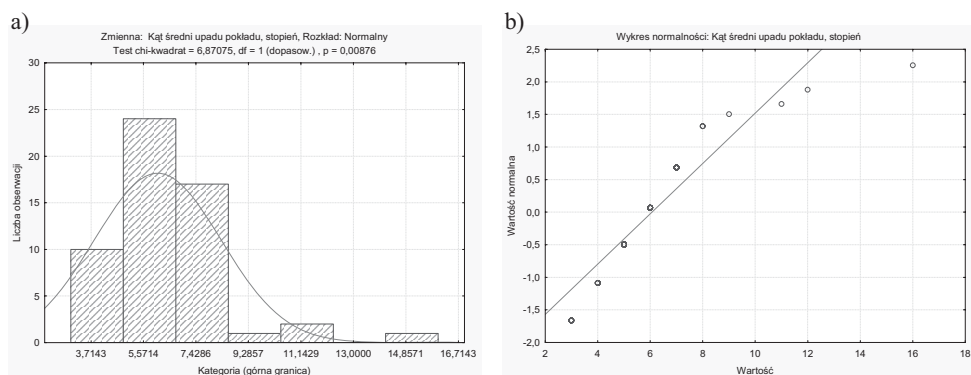
Liczność i częstość tąpnięć dla parametru głębokości pokładu/eksploatacji tąpnięcia

Górna granica przedziału klasowego głębokości pokładu/eksploatacji tąpnięcia, m	Liczność	Częstość, %	Liczność prognozowana	Częstość prognozowana, %	Różnica licznosci rzeczywistej i prognozowanej
≤ 475,71	3	5,45	0,92	1,68	2,08
551,43	2	3,64	2,75	4,99	–0,75
627,14	2	3,64	6,81	12,39	–4,81
702,86	13	23,64	11,58	21,05	1,42
778,57	11	20,00	13,47	24,49	–2,47
854,29	18	32,73	10,74	19,53	7,26
< 930	6	10,91	8,73	15,87	–2,73

W tabeli 2 zestawiono różnice liczności tąpnięć rzeczywistych względem przewidywanych, oraz częstości procentowe występowania tąpnięć w zależności od przedziału klasowego parametru głębokości.

2.1.2. Kąt średni upadu pokładu

Analiza parametru średnich upadów pokładu dotyczy doboru rozkładu liczności tąpnięć względem określonej długości przedziału klasowego ($2,24^\circ$). Dopasowując rozkład rzeczywisty 55 wartości parametru, w 7 przedziałach klasowych, przeanalizowano dopasowanie rozkładem normalnym. Zgodność pomiędzy rozkładem rzeczywistym i dobranym teoretycznym normalnym, określona testem Chi–kwadrat, wynosi 6,8708 a p –wartość tej zgodności 0,0088. Mała p –wartość każe odrzucić hipotezę o rozkładzie normalnym na poziomie istotności 0,05 (rys. 2a–2b), tym samym stwierdzamy, że analizowany parametr nie posiada rozkładu normalnego.



Rys. 2. Parametr kąt średni upadu pokładu: a) dopasowanie rozkładu normalnego i histogramu tąpnięć, b) normalność

TABELA 3

Liczność i częstość tąpnięć dla parametru parametru kąt średni upadu pokładu

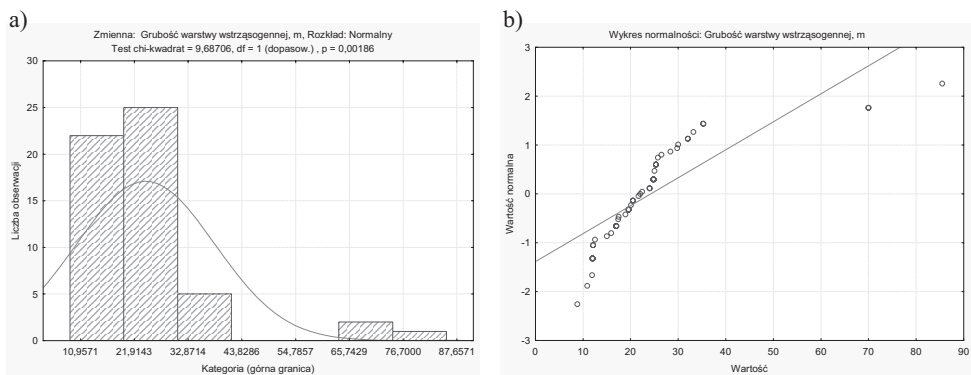
Górną granicą przedziału klasowego głębokości pokładu/eksploatacji tąpnięcia, m	Liczność	Częstość, %	Liczność prognozowana	Częstość prognozowana, %	Różnica liczności rzeczywistej i prognozowanej
≤ 4,86	10,00	18,18	16,17	29,39	–6,17
6,71	24,00	43,64	17,52	31,86	6,48
8,57	17,00	30,91	14,01	25,48	2,99
10,43	1,00	1,82	5,86	10,66	–4,86
12,29	2,00	3,64	1,28	2,33	0,72
14,14	0,00	0,00	0,15	0,26	–0,15
< 85,5	1,00	1,82	0,01	0,02	0,99

Określono również prognozowane licznosci tąpnięć w poszczególnych przedziałach klasowych wartości średnich upadków pokładów. W tabeli 3 zestawiono różnice licznosci tąpnięć rzeczywistych względem przewidywanych, oraz częstości procentowe występowania tąpnięć w zależności od wartości przedziału klasowego parametru. Maksymalna licznosc tąpnięć dotyczy pokładów o upadach 5°–8°.

2.1.3. Grubość warstwy wstrząsogennej (tąpającej)

Grubość warstwy wstrząsogennej to parametr, który został określony w oparciu o profil litologiczny warstw otaczających pokład, w którym zaistniało tąpnięcie.

Dla analizy dopasowań rozkładami teoretycznymi przyjęto przedziały klasowe o długości ok. 10,34 m każdy. Zgodność pomiędzy rozkładem rzeczywistym i dobranym teoretycznym normalnym, określona testem Chi–kwadrat, wynosi 9,6871 a p –wartość tej zgodności $0,002 < 0,05$. Wartość statystyki sugeruje, (rys. 3a–3b) że analizowany parametr grubości warstw tąpających nie posiada rozkładu normalnego.



Rys. 3. Parametr grubości warstwy tąpającej: a) dopasowanie rozkładu normalnego i histogramu tąpnięć, b) normalność

TABELA 4

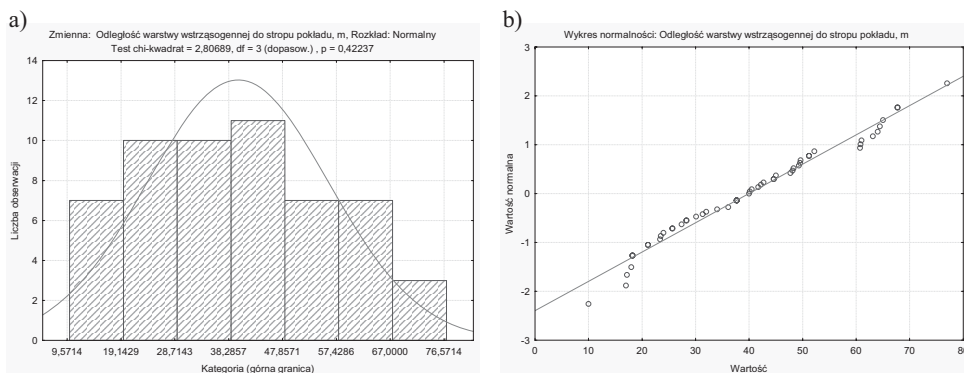
Licznosc i częstość tąpnięć dla parametru grubości warstwy wstrząsogennej

Górna granica przedziału klasowego głębokości pokładu/eksploatacji tąpnięcia, m	Licznosc	Częstość, %	Licznosc prognozowana	Częstość prognozowana, %	Różnica licznosci rzeczywistej i prognozowanej
≤ 19,75714	22,00	40,00	20,66	37,56	1,34
30,71429	25,00	45,45	16,61	30,20	8,39
41,67143	5,00	9,09	11,81	21,47	–6,81
52,62857	0,00	0,00	4,72	8,58	–4,72
63,58571	0,00	0,00	1,06	1,92	–1,06
74,54286	2,00	3,64	0,13	0,24	1,87
< 85,5	1,00	1,82	0,01	0,02	0,99

Na podstawie dopasowanego rozkładu określono prognozowane licznosci tąpnięć w poszczególnych przedziałach klasowych grubości warstw wstrząsogennych. W tabelicy 4 zestawiono różnice licznosci tąpnięć rzeczywistych względem przewidywanych, oraz częstości procentowe występowania tąpnięć w zależności od przedziału klasowego parametru grubości warstw tąpniących.

2.1.4. Odległość warstwy wstrząsogennej (tąpniącej) do stropu pokładu

Analiza tego parametru dotyczy doboru rozkładu licznosci tąpnięć względem długości przedziału dla określonych odległości warstw wstrząsogennych zalegających w stropie pokładu w którym zaistniało tąpnięcie. Dopasowując krzywe rozkładów dla rzeczywistych 55 wartości tego parametru, w 7 przedziałach klasowych (o długości ok. 9 m każdy) (tabela 1), uzyskano najlepsze dopasowanie rozkładem normalnym (rys. 4a). Zgodność pomiędzy rozkładem rzeczywistym i dobranym teoretycznym normalnym, określona testem Chi–kwadrat, wynosi 2,8069 a p -wartość tej zgodności $0,4224 > 0,05$. Wartość statystyki sugeruje, że rozkład normalny jest dobrym dopasowaniem dla rozkładu rzeczywistego (rys. 5b).



Rys. 4. Odległość warstwy wstrząsogennej od stropu pokładu: a) dopasowanie rozkładu normalnego i histogramu tąpnięć, b) normalność

TABELA 5

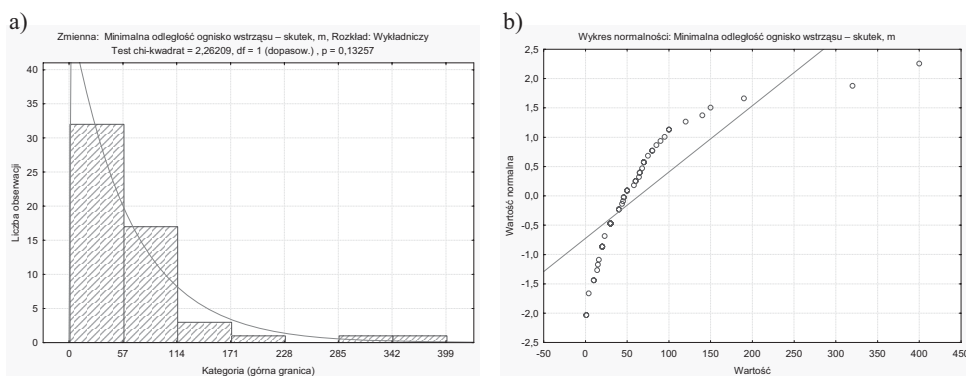
Liczność i częstość tąpnięć dla parametru odległości warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu

Górna granica przedziału klasowego głębokości pokładu/eksploatacji tąpnięcia, m	Liczność	Częstość, %	Liczność prognozowana	Częstość prognozowana, %	Różnica licznosci rzeczywistej i prognozowanej
≤ 19,57	7,00	12,73	5,67	10,30	1,33
29,14	10,00	18,18	8,15	14,83	1,85
38,71	10,00	18,18	12,00	21,83	-2,00
48,29	11,00	20,00	12,55	22,81	-1,55
57,86	7,00	12,73	9,31	16,92	-2,31
67,43	7,00	12,73	4,90	8,91	2,10
< 77	3,00	5,45	2,42	4,40	0,58

Stwierdzamy że analizowany parametr posiada rozkład normalny. Na podstawie dopasowanego rozkładu normalnego określono prognozowane licznosci tąpnięć w poszczególnych przedziałach odległości warstw wstrząsogennych. W tabeli 5 zestawiono różnice licznosci tąpnięć rzeczywistych względem przewidywanych, oraz częstości procentowe ich występowania. Z rysunku 4b wynika, że bardzo dobre dopasowanie rozkładem normalnym uzyskano w szczególności w zakresie odległości warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu wynoszących 20–50 m. Wykres normalności wskazuje na zgodność licznosci obserwowanych i prognozowanych praktycznie w całym w zakresie analizowanego parametru.

2.1.5. Minimalna odległość ognisko wstrząsu–skutek

Analiza skutków tąpnięć, pozwoliła na określenie minimalnej odległości poziomej pomierzonej pomiędzy ogniskiem wstrząsu sejsmicznego, który spowodował dane zdarzenie a początkiem strefy zniszczeń wyrobisk w danym pokładzie. Dobór rozkładu tego parametru w oparciu o licznosci tąpnięć względem określonej długości przedziału klasowego (54 m każdy), wskazuje na rozkład wykładniczy jako najbardziej zbliżony do rzeczywistego rozkładu analizowanych wartości. Dopasowując krzywą rozkładu rzeczywistego 55 danych parametru, w 7 przedziałach klasowych odległości ognisko–skutek, uzyskano dla rozkładu wykładniczego zgodność, określoną testem Chi–kwadrat, która wynosi 2,2621 a p -wartość tej zgodności $0,1326 > 0,05$. Wartość statystyki sugeruje, że rozkład wykładniczy jest właściwym dopasowaniem dla rozkładu rzeczywistego licznosci tąpnięć (rys. 5a) analizowanego parametru. Stwierdzamy, że analizowany parametr posiada rozkład wykładniczy.



Rys. 5. Minimalna odległość ognisko–skutek: a) dopasowanie rozkładu normalnego i histogramu tąpnięć, b) normalność

Na podstawie dopasowanego rozkładu określono prognozowane licznosci tąpnięć w poszczególnych przedziałach dla każdego przedziału klasowego. W tabeli 6 zestawiono różnice licznosci tąpnięć rzeczywistych względem przewidywanych, oraz częstości procentowe występowania tąpnięć w zależności od minimalnej odległości ognisko–skutek. Z rysunku 5b wynika, że dopasowanie rozkładem jest silne w całym analizowanym przedziale parametru.

TABELA 6

Liczność i częstość tąpnięć dla parametru minimalnej odległości ognisko–skutek

Górna granica przedziału klasowego głębokości pokładu/eksploatacji tąpnięcia, m	Liczność	Częstość, %	Liczność prognozowana	Częstość prognozowana, %	Różnica liczności rzeczywistej i prognozowanej
≤ 58	32,00	58,18	32,72	108,17	-0,72
115	17,00	30,91	13,11	43,35	3,89
172	3,00	5,45	5,40	17,83	-2,40
229	1,00	1,82	2,22	7,34	-1,22
286	0,00	0,00	0,91	3,02	-0,91
343	1,00	1,82	0,38	1,24	0,62
< 400	1,00	1,82	0,26	0,87	0,74

3. Rozkład prawdopodobieństwa parametrów tąpnięć

Analizy dopasowania rozkładów wskazują na dwie rodziny hipotetycznych rozkładów analizowanych 5 parametrów dla 55 przypadków tąpnięć zaistniałych w otoczeniu wyrobisk chodnikowych. Każda rodzina reprezentuje rozrzut wartości parametrów wykazujących określoną prawidłowość. Zjawisko tąpnięcia opisane parametrami wytypowanymi w tabeli 1, wynika z wpływu 2 przyczyn głównych, odpowiadających dopasowanym rodzinom rozkładów (normalnych i wykładniczego). W tabeli 7 zestawiono zgodności i p -wartości dopasowanych rozkładów analizowanych parametrów.

Dopasowania rozkładów — na zadanym poziomie istotności (0,05) — wskazały, że rozkłady prawdopodobieństwa 2 parametrów mogą być opisane jednym z rozpatrywanych rozkładów teoretycznych (normalnym i wykładniczym). Są nimi: odległość warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu (L) oraz minimalna odległość ognisko wstrząsu–skutek (O). Przyjmując jednak poziom istotności 0,01, analizowany rozkład normalny parametru głębokości pokładu/eksploatacji (H), także wskazuje na właściwe dopasowanie rozkładem teoretycznym.

TABELA 7

Dopasowane rozkłady parametrów tąpnięć

Rozkład	Symbol parametru	Parametr	Zgodność dopasowania testem Chi–kwadrat	p -wartość testu
normalny	H	Głębokość pokładu/eksploatacji, m	7,5488	0,0230
	U	Kąt średni upadu, stopień	6,8708	0,0088
	G	Grubość warstwy wstrząsogennej, m	9,6871	0,002
	L	Odległość warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu, m	2,8069	0,4224
wykładniczy	O	Minimalna odległość ognisko wstrząsu–skutek, m	2,2621	0,1326

W oparciu o dane z tabel 1 i 7 przyjmujemy, że rozkład parametru głębokości (H , m) tąpnięć jest rozkładem normalnym. Funkcja gęstości tego rozkładu ma postać:

$$p_H = \frac{1}{\sigma_H \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(H - H_{sr})^2}{2\sigma_H^2}\right) \quad \text{dla } 400 < H < 930 \quad (1)$$

gdzie:

$H_{sr} = 733,20$ m — średnia głębokość tąpnięć,

$\sigma_H = 121,12$ m — odchylenie standardowe H .

Funkcja gęstości rozkładu normalnego dla parametru odległości warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu (L , m) ma postać:

$$p_L = \frac{1}{\sigma_L \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(L - L_{sr})^2}{2\sigma_L^2}\right) \quad \text{dla } 10 < L < 77 \quad (2)$$

gdzie:

$L_{sr} = 39,95$ m — średnia odległość warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu,

$\sigma_L = 16,11$ m — odchylenie standardowe L .

Kolejnym przyjętym do analiz parametrem jest minimalna odległość ognisko–skutek (O , m), której rozkład wykazał cechy rozkładu wykładniczego. Funkcja gęstości tego rozkładu dla zmiennej parametru O ma postać:

$$p_O = e^{-\lambda O} \quad \text{dla } 1 < O < 400 \quad (3)$$

gdzie:

$$\lambda = 1/O_{sr}$$

$O_{sr} = 64,18$ m — średnia min. odległość ognisko wstrząsu-skutek.

Wykorzystując powyższe, można dla dowolnych warunków eksploatacji określić prawdopodobieństwo tąpnięcia, już w fazie planowanej eksploatacji pokładu. Należy nadmienić, że najsilniejsze dopasowanie uzyskano dla rozkładów parametrów L oraz O , opisujących przyczyny i skutki tąpnięć zaistniałych wyłącznie w otoczeniu wyrobisk chodnikowych.

4. Podsumowanie

Na podstawie analiz w zakresie dopasowania rozkładów wyselekcjonowanych parametrów tąpnięć, stwierdzono że:

- analiza miejsc i warunków występowania tąpnięć w kopalniach węgla kamiennego w latach 1989–2009 wykazała 130 przypadków takich zdarzeń, w tym 55 przypadków tąpnięć w otoczeniu wyrobisk chodnikowych;

- uwzględniając złożoność przypadków tąpnięć, wytypowano 5 mierzalnych parametrów tąpnięć;
- około 75% tąpnięć zanotowano w przedziale głębokości od 630 m do 850 m, to jest większej od średniej głębokości wydobywania, która w analizowanym okresie 1989–2009 zmieniała się od 524 m do 700 m (tabele 1 i 2);
- około 98% tąpnięć zaistniało w pokładach o nachyleniu 30–120, przy czym największa liczba tąpnięć dotyczyła średniej wartości kąta upadu ok. 70, gdzie odnotowano 24 tąpnięcia (44%) (tabela 3);
- warstwy wstrząsogenne analizowanych tąpnięć, posiadały grubość od 8,8 m do 85,5 m, w odległości zalegania od pokładu 10–77 m. Średnia grubość warstwy wstrząsogennej wynosi 24 m a ich średnia odległość 40 m (tabele 4 i 5);
- średnia pozioma odległość ogniska wstrząsu–skutek wynosiła około 64 m, przy czym skutki tąpnięć stwierdzono zarówno w bezpośredniej poziomej odległości od ogniska wstrząsu, jak i w odległości 400 m. Aż 88% tąpnięć rejestrowano w odległości do 115 m od rzutu epicentrum ogniska wstrząsu na horyzont pokładu (tabela 6);
- istnieją dwie rodziny rozkładów (normalny i wykładniczy) analizowanych parametrów (tabela 7);
- dopasowania rozkładów rzeczywistych i teoretycznych — na zadanym poziomie istotności (0,05) — wskazało na dobre dopasowanie rozkładem normalnym i wykładniczym dwóch parametrów, tj.: odległości warstwy wstrząsogennej do stropu pokładu (L) oraz minimalnej odległości ognisko–skutek (O);
- dopasowania rozkładów posłużyły do wyznaczenia funkcji gęstości określonych wzorami (1)–(3), dla których podano prawdopodobieństwo (p_H , p_L i p_O) parametrów tąpnięć (tabela 7) dla przyjętych przedziałów klasowych każdego z nich (tabela 1).

LITERATURA

- [1] *Dubiński J., Konopko W.*: Tąpania — ocena — prognoza — zwalczanie. Wydawnictwo GIG, Katowice, 2000
- [2] *Konopko W.*: Głębokość eksploatacji a zagrożenia tąpnięciami. Przegląd Górniczy Nr 11/12, 1987
- [3] *Konopko W., Patyńska R.*: Warunki występowania tąpnięć w kopalniach węgla kamiennego. Przegląd Górniczy, Nr 1, Katowice, 2008, s. 12–17
- [4] *Konopko W.*: Warunki bezpiecznej eksploatacji pokładów węgla zagrożonych metanem, tąpnięciami i pożarami endogenicznymi. Praca zbiorowa. Wyd. GIG. Katowice, 2010
- [5] *Konopko W.*: Stan i przyczyny zagrożenia tąpnięciami w kopalniach węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie, Nr 3, 1984
- [6] *Patyńska R.*: Bank danych o tąpnięciami. Dokumentacje prac planowych GIG z lat 1989–2010. Archiwum Zakładu Tąpani i Mechaniki Górnotworu GIG, Katowice, 1989–2010
- [7] *Patyńska R.*: Zagrożenie tąpnięciami. Raport roczny (za lata 1992–2010) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Praca Głównego Instytutu Górniczego, pod kierunkiem W. Konopko, Katowice 1992–2010
- [8] *Patyńska R.*: The Experience of the Polish Mining Industry in Assessing the State of Rockbursts Hazard in the Upper Silesian Coal Basin Mines. (Doświadczenia polskiego górnictwa

- w ocenie stanu zagrożenia tąpnięciami w kopalniach GZW.) II Traditional International Colloquium on Geomechanics and Geophysics, Ostavice 22–23.05.2008 r., Czech Republic, str. 23–38. Wyd. Akademie věd České republiky, Ústav Geoniky Ostrava, v.v.i. 2008
- [9] *Patyńska R.*: Prawdopodobieństwo dopasowania rozkładów parametrów tąpnięć zaistniałych w polach ścianowych w GZW w latach 1989–2009. XVII Międzynarodowa Konferencja Nauk.–Tech. Z cyklu: Górnictwo i Środowisko, Wydanie Specjalne, Katowice, 2010. s. 351–364