

Małgorzata KOZDROJ-WEIGEL

Instytut Organizacji Ekonomiki Górnictwa
Politechnika Śląska

NORMATYWY ŻUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę wyznaczania normatywów zużycia energii elektrycznej w kopalniach węgla kamiennego. Zaproponowana metoda pozwala określić najniższe prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia energii elektrycznej w konwencjonalnie przyjętym przedziale czasu dla danej grupy typologicznej kopalni. Ponadto zezwala ona na analizę przyczyn pogorszenia się lub polepszenia gospodarki energią elektryczną w badanej kopalni w porównaniu z innymi kopalniami w obrębie rozpatrywanej grupy typologicznej. Usystematyzowanie według wielkości prawdopodobieństwa przekroczenia średniej zużycia poszczególnych kopalni określa ich pozycję w zakresie gospodarowania energią elektryczną. Metoda oparta jest na trzech rozkładach: Poissona, Furry'ego-Yule'a oraz Polya. Przedstawiono również sposób doboru podzbioru istotnych zmiennych opisujących zużycie energii elektrycznej w kopalniach węgla, który jest podstawą dla utworzenia grup typologicznych kopalni.

1. WPROWADZENIE

Wprowadzenie do przemysłu węglowego nowoczesnych technologii wydobycia węgla, związane z nimi wysoki stopień mechanizacji i automatyzacji procesów przyczyniają się do stałego wzrostu zużycia przez przemysł węglowy energii w różnych jej postaciach. Obecnie energia elektryczna stanowi podstawowy nośnik energii w kopalniach węgla kamiennego. Właściwa gospodarka EE jest koniecznością z punktu widzenia ekonomiki samej kopalni, a także ekonomicznego gospodarowania EE w skali regionu i kraju.

Analiza zużycia EE w KWK regionu wskazuje na jego zróżnicowanie w poszczególnych KWK. Średnie zużycie EE dla jednej KWK regionu w badanym okresie wynosiło 33,95 kWh/t przy rozpiętości od 14,488 kWh/t do 114,910 kWh/t. Należy wnioskować, że tak duża rozpiętość zużycia EE spowodowana jest nie tylko wielkością wydobycia węgla i warunkami górniczo-geologicznymi.

W tablicy 1 przedstawiono wskaźniki zużycia EE w grupach KWK utworzonych ze względu na wielkość wydobycia węgla. Dane te potwierdzają zróżnicowanie zużycia EE i aktualność podjętych badań związanych z racjonalizacją gospodarki EE w KWK.

Tablica 1

Charakterystyka zużycia EE w grupach KWK ze względu
na wydobycie węgla

Oznaczenie grupy	Liczba grupy	Przedział rocznego wydobycia węgla w tys. [t]	Wskaźniki zużycia EE w grupie [kWh/t]	
			średni	minimalny maksymalny
I	12	478 - 1 445	63,056	30,532 114,910
II	21	1 706 - 2 484	30,846	17,756 46,361
III	14	2 533 - 3 348	27,425	14,484 38,011
IV	13	3 714 - 4 534	23,755	18,036 30,302
V	6	4 619 - 6 621	24,433	18,814 32,239

Zasadnicze znaczenia dla organizacji produkcji bez zakłóceń i spiętrzeń mają właściwie opracowane normatywy techniczne [2]. Jako normatyw zużycie EE dla każdej KWK przyjęto graniczną ilość EE potrzebną do procesów technologicznych w określonych warunkach geologiczno-górnicznych oraz górniczo-technologicznych niezmiennych w określonym przedziale czasu. Rozpatrując zagadnienie, można wyróżnić dwa rodzaje normatywów zużycia EE, mianowicie:

- elementarne - odnoszące się do jednej operacji wybranego procesu technologicznego.
- sumaryczne - zakładowe, odnoszące się do całego procesu wydobywczo-przebiegowego [3].

Znajomość zmiennych objaśniających zużycie EE w KWK umożliwia dokonanie metodami taksonomicznymi podziału kopalń na typologiczne grupy ze względu na zużycie EE.

Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w KWK [1] sformułowano następującą tezę: dla każdej z wydzielonych grup istnieje taka kopalnia, w której prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia EE w kWh/t w konwencjonalnie przyjętym przedziale czasu w danej grupie jest najniższe. Przyjęcie powyższej tezy jest równoznaczne ze stwierdzeniem, że kopalnia odznaczająca się najniższym prawdopodobieństwem przekroczenia średniej zużycia EE ma aktualnie najlepszą gospodarkę EE w badanej grupie typologicznej. Usystematyzowanie według wielkości wyżej omawianego prawdopodobieństwa kopalń w rozpatrywanej grupie będzie określało ich pozycję w zakresie gospodarowania EE. Usystematyzowanie to może się zmienić, gdy nastąpią istotne zmiany parametrów stanowiących podstawę podziału kopalń na grupy statystycznie jednorodne.

2. DOBÓR ZMIENNYCH OBJAŚNIAJĄCYCH ZUŻYCIE EE ORAZ PODZIAŁ TYPOLOGICZNY KOPALŃ WĘGLA

Zbiór zmiennych opisujących zużycie EE w KWK określono metodą heurystyczną [6]. Wstępny wybór potencjalnych zmiennych wpływających na zużycie EE w KWK przeprowadzono w gronie specjalistów ze służb pionu głównego inżyniera ds. energomechanicznych, pionu głównego inżyniera górniczego i działu analiz ekonomicznych.

Zbiór potencjalnych zmiennych służył do opracowania ankiety badawczej. Następny etap badań, przeprowadzony metodą ankietową, objął 256 ekspertów z wszystkich KWK. Celem tych badań było określenie zbioru zmiennych objaśniających zużycie EE w KWK.

Wspomniany etap badań obejmował:

- ocenę stopnia zgodności odpowiedzi ekspertów w odniesieniu do każdej zmiennej oddzielnie i dla całej listy łącznie,

- wyodrębnienie grupy ekspertów o zbliżonych poglądach na temat znaczenia poszczególnych zmiennych,
- wykrycie przyczyn zróżnicowania poglądów i określenie wpływu charakterystyk ekspertów na treść odpowiedzi,
- uporządkowanie zmiennych w jednakowych grupach,
- sprawdzenie kompetencji ekspertów różnymi metodami.

Rezultatem tego etapu badań było opracowanie zbioru zmiennych objaśniających zużycie EE w KWK, który został przedstawiony w tablicach. Zbiór zmiennych objaśniających obejmuje wybrane wielkości charakteryzujące warunki górniczo-geologiczne, stan techniczny oraz poziom organizacji KWK.

Metodami analizy czynnikowej oraz głównego czynnika [5] dla 30 zmiennych opisujących zużycie EE (tablica 2) dla każdej KWK wydzielono istotne zmienne objaśniające, które przedstawiono w tablicy 3. W tablicy tej, obok numeru i nazwy zmiennej, podano związki istotne pozytywne, tzn. współczynniki korelacji zmiennych z danym czynnikiem (ładunki czynnikowe) oraz zasób zmienności wspólnej, tj. procent wariancji zmiennej. Znając podzbiór istotnych zmiennych i ich wartości opisujące zużycie EE dla każdej KWK, dokonano metodą analizy zmiennych losowych wielowymiarowych podziału kopalń na grupy typologiczne, tzn. statystycznie jednorodne. Metoda ta umożliwia:

- dokonanie podziału kopalń na podgrupy, w ramach których wnioskowanie statystyczne jest bardziej słuszne aniżeli w odniesieniu do całej grupy,
- określenie względnych różnic między kopalniami.

Tablica 2

Zbiór zmiennych objaśniających zużycie EE
w KWK

Oznaczenie zmiennej	Nazwa zmiennej	Wymiar
1	2	3
x_1	średnie roczne wydobycie węgla	tys. t
x_2	koszty EE zużywanej przez wentylatory	tys. zł
x_3	koszt EE zużywanej przez maszyny wyciągowe	tys. zł
x_4	koszt EE zużywanej przez sprężarki	tys. zł
x_5	koszt EE zużywanej przez sortownię	tys. zł
x_6	koszt EE zużywanej przez powierzchnię - łącznie	tys. zł
x_7	koszt EE zużywanej przez główny transport dołowy	tys. zł
x_8	koszt EE zużywanej przez odwadnianie	tys. zł

cd. tablicy 2

1	2	3
x ₉	koszt EE zużywanej przez dół kopalni łącznie	tys. zł
x ₁₀	ogólna wydajność pracy	kg/rdn.
x ₁₁	średnie nachylenie pokładów	stop.
x ₁₂	średnia wysokość przodkowa	"
x ₁₃	średnia długość frontu eksploatacyjnego	"
x ₁₄	średnia głębokość eksploatacji	"
x ₁₅	średni dzienny postęp ścian z podszatką hydrauliczną	m/rdn
x ₁₆	średni dzienny postęp ścian zawałowych	m/dn
x ₁₇	procentowy udział wydobycia ze ścian z obudową zmechanizowaną	%
x ₁₈	zmianowość	-
x ₁₉	koszty robocizny	zł/t
x ₂₀	koszty materiałowe	zł/t
x ₂₁	koszty amortyzacji	zł/t
x ₂₂	średnio miesięczny popęd	"
x ₂₃	średni dzienny postęp chodników kamiennych	m/dn
x ₂₄	średni dzienny postęp chodników kamiennie-węglowych	m/dn
x ₂₅	średni dzienny postęp chodników węglowych	m/dn
x ₂₆	nakłady inwestycyjne ogółem	tys. zł
x ₂₇	całkowity koszt EE	tys. zł
x ₂₈	czas przebywania w przodku	min.
x ₂₉	wydajność przodkowa	kg/rdn
x ₃₀	moc zainstalowana napędów czynnych	kW

W tablicy 4 przedstawiono podział typologiczny kopalń przemysłu węglowego ze względu na istotne zmienne opisujące zużycie EE. Nazwy poszczególnych KWK w tablicy 4 zastąpiono ich kodami identyfikacyjnymi.

Tablica 3

Podzbiór istotnych zmiennych objaśniających
zużycie EE w KWK

Oznaczenie zmiennej	Nazwa zmiennej	Związki istotne pozytywne	Zasób zmienności wspólnej
x ₁	roczne wydobycie węgla	0,9186	0,99507
x ₃	koszt EE zużywanej przez maszyny wyciągowe	0,7900	0,93405
x ₆	koszt EE zużywanej przez powierzchnię - łącznie	0,7855	0,94418
x ₇	koszt EE zużywanej przez główny transport dołowy	0,81168	0,85747
x ₉	koszt EE zużywanej przez dół kopalni łącznie	0,7616	0,99022
x ₁₃	średnia długość frontu eksploatacyjnego	0,7504	0,97422
x ₁₄	średnia głębokość eksploatacji	0,8320	0,92297
x ₁₇	% udział wydobycia ze ścian z obudową zmechanizowaną	0,7231	0,94758
x ₂₀	koszty materiałowe	0,6674	0,92260
x ₂₆	nakłady inwestycyjne - ogółem	0,8732	0,90481
x ₂₇	całkowity koszt EE	0,9067	0,99056
x ₃₀	moc zainstalowana napędów czynnych	0,8731	0,99034

Tablica 4

Podział KWK przemysłu węglowego na grupy
statystycznie jednorodne

Symbol grupy	Liczba grup	Kody identyfikacyjne kopalń w grupie	Średni wskaźnik zużycia EE [kWh/t]
I	42	1105, 1106, 1108, 1109, 1131, 1201, 1202, 1207, 1210, 1211, 1213, 1214, 1231, 1311, 1313, 1314, 1316, 1322, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1417, 1418, 1425, 1426, 1513, 1604, 1606, 1615, 1315, 1605, 1522, 1526, 1101, 1114, 1419, 1521, 1523, 1609, 1611	29,450
II	11	1107, 1112, 1317, 1318, 1427, 1527, 1607, 1610, 1612, 1613, 1624	26,795
III	7	1204, 1209, 1212, 1312, 1512, 1601, 1602	31,514
IV	6	1327, 1524, 1701, 1702, 1703, 1705	81,893

3. PARAMETRYCZNE ROZKŁADY PRAWDOPODOBIEŃSTWA ZUŻYCIA EE W KWK

W celu przeprowadzenia wnioskowania statystycznego w zakresie zużycia EE na podstawie danych empirycznych z KWK, niezbędny jest dobór takich rozkładów prawdopodobieństwa, które będą dobrze opisywały rozpatrywane zagadnienie. Zatem podstawą analizy gospodarki EE w KWK może być rozkład $P(x,t)$ prawdopodobieństwa zaistnienia przekroczenia średniej zużycia EE w umownia przyjętym przedziale czasu $(t_0, t_0 + \Delta t)$ dla $t_0 > 0$. Rozkład ten wyprowadzono, przyjmując następujące założenia:

1. Szukane prawdopodobieństwo jest niezależne od wartości t_0 , co oznacza, że przekroczenie średniej zużycia EE są niezależne od chwili rozpoczęcia obserwacji.
2. Prawdopodobieństwo zaistnienia $(x + 1)$ przekroczeń średniej zużycia EE w krótkim wobec t przedziale czasu $(t, t + \Delta t)$ wynosi $\lambda(x,t) \cdot \Delta t$, przy czym kształt funkcji $\lambda(x,t)$ jest określony przez
 - a) ogół warunków w danej kopalni w szczególności istotnych zmiennych objaśniających podanych w tabelicy 3,
 - b) równość

$$\sum_{x=0}^{\infty} P(x,t) = 1 \tag{1}$$

gdzie:

t - dowolna liczba dodatnia.

3. Prawdopodobieństwo zaistnienia najmniej dwóch przekroczeń średniej zużycia EE w KWK w przedziale czasu $(t, t + \Delta t)$, jeżeli zaistniało już x przekroczeń w odstępie $(t_0, t_0 + \Delta t)$, wynosi $O(\Delta t)$, które jest małe wobec Δt i można je pominąć (gdyby bowiem prawdopodobieństwo to nie było małe, oznaczałoby to niedopuszczalnie wysoką częstość przekroczenia zużycia EE).

4. Prawdopodobieństwo, że nie zajdzie ani jedno przekroczenie zużycia EE w przedziale czasu $(t, t + \Delta t)$, jeżeli zaistniało już x przekroczeń zużycia EE w odstępie czasu $(t_0, t_0 + \Delta t)$, wynosi

$$1 - \lambda(x,t) \cdot \Delta t - O(\Delta t)$$

Z wyżej przyjętych założeń wynikają następujące relacje:

$$P(x,t + \Delta t) = P(x,t) [1 - \lambda(x,t) \cdot \Delta t - O(\Delta t)] + P(x-1,t) \cdot \lambda(x-1,t) \cdot \Delta t + \sum_{n=2}^x (x-n,t) \cdot O(\Delta t) \tag{2}$$

oraz

$$P(0, t + \Delta t) = P(0, t) \cdot [1 - \lambda(0, t) \cdot \Delta t] \quad (3)$$

Przekształcając (2) i (3) do postaci:

$$\frac{P(x, t + \Delta t) - P(x, t)}{\Delta t} = P(x - 1, t) - P(x, t) \cdot \lambda(x, t) + \\ + \sum_{n=2}^x P(x - n, t) \cdot \frac{O(\Delta t)}{\Delta t} - P(x, t) \cdot \frac{O(\Delta t)}{\Delta t} \quad (2)$$

oraz

$$\frac{P(0, t + \Delta t) - P(0, t)}{\Delta t} = - P(0, t) \cdot \lambda(0, t) \quad (3)$$

a następnie przechodząc do granicy przy $\Delta t \rightarrow 0$, otrzymuje się rekurencyjny układ równań różniczkowych liniowych

$$\frac{dP(0, t)}{dt} = - \lambda(0, t) \cdot P(0, t) \quad (4)$$

$$\frac{dP(x, t)}{dt} = \lambda(x - 1, t) \cdot P(x - 1, t) - \lambda(x, t) \cdot P(x, t) \quad (5)$$

Rozwiązanie tego układu jest zależne od kształtu funkcji $\lambda(x, t)$. Powinno ono spełniać warunki początkowe

$$P(0, 0) = 1 \quad (6)$$

$$P(x, t) = 0 \quad \text{dla } x = 1, 2, \dots \quad (7)$$

Układ równań (4) i (5) przedstawia pewien typ procesu stochastycznego z czasem ciągłym. Jest to tzw. proces Markowa, jednorodny w czasie. Można wykazać, że trzy różne postacie funkcji $\lambda(x, t)$ prowadzą do rozwiązań spełniających warunki (1). Rozwiązanie 1 zachodzi dla:

$$\lambda(x, t) = \lambda = \text{constans} \quad (\lambda > 0) \quad (8)$$

Hipoteza ta jest równoznaczna z przypuszczeniem, że przekroczenia średniej zużycia EE w KWK są losowo niezależne. Układ równań (4) i (5) przyjmuje wówczas postać:

$$\frac{dP(0, t)}{dt} = - \lambda \cdot P(0, t) \quad (9)$$

$$\frac{dP(x,t)}{dt} = \lambda \cdot [P(x-1,t) - P(x,t)] \quad (10)$$

$$x = 1, 2, 3, \dots$$

Z relacji (9) wobec (6) otrzymuje się:

$$P(x,t) \Big|_{x=0} = \left(\frac{(\lambda \cdot x)}{x!} e^{-\lambda t} \right)_{x=0} = P(0,t) = e^{-\lambda t} \quad (11)$$

Następnie z relacji (10) wobec (7) otrzymuje się rekurencyjnie $P(1,t)$, $P(2,t)$ itd. Rozwiązania te wyrażają się wzorem:

$$P(x,t) = \frac{(\lambda \cdot t)^x}{x!} \cdot e^{-\lambda t} \quad (12)$$

określającym tzw. proces jednorodny Poissona.

Warunek (1) jest tu spełniony, gdyż

$$\sum_{x=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^x}{x!} \cdot e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t} \sum_{x=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^x}{x!} = e^{-\lambda t} \cdot e^{\lambda t} = 1 \quad (13)$$

Zatem wzór (12) określa rozkład prawdopodobieństwa.

Rozwiązanie 2 zachodzi, gdy:

$$\lambda(x,t) = \lambda \cdot x \quad (14)$$

gdzie:

λ - stała dodatnia

tj. $\lambda(x,t)$ jest funkcją liniową, rosnącą, niezależną od czasu t . Tym samym odrzuca się hipotezę niezależności losowej przekroczenia średniej zużycia EE, ale zachowuje się hipotezę, że ogół warunków w badanej kopalni nie zmienia się w czasie prowadzonych badań w sposób istotny. Można łatwo odczuć, że z (14) wynika konieczność przyjęcia, że od chwili $t_0 = 0$ zaistniało przynajmniej jedno przekroczenie średniej zużycia EE. W przeciwnym razie układ (9) i (10) zredukowałby się do równania

$$\frac{dP(x,t)}{dt} = 0 \quad (15)$$

o rozwiązaniu

$$P(x,t) = \text{const}$$

nie mogącym spełnić warunku (1).

Jeżeli od chwili $t_0 = 0$ zaistniało k przekroczeń średniej zużycia EE ($k = 1, 2, 3, \dots$), to prawdopodobieństwo $P(x, t)$, że w kolejnym odstępie czasu $(0, t)$ zaistnieje jeszcze x - przekroczeń średniej zużycia EE, jest określone przez układ równań

$$\frac{dP(0, t)}{dt} = -\lambda \cdot k \cdot P(0, t) \quad (16)$$

$$\frac{dP(x, t)}{dt} = -\lambda(x + k) \cdot P(x, t) + \lambda(x + k - 1) \cdot P(x - 1, t) \quad (17)$$

Gdzie:

$$k = 1, 2, 3, \dots; \quad x = 1, 2, 3, \dots$$

Rozwiązanie układu (16) i (17) powinno spełniać warunki początkowe

$$P(x, t) = 0 \quad \text{dla } x = 1, 2, 3, \dots \quad (18)$$

oraz

$$P(0, 0) = 1 \quad (19)$$

Stosując metodę analogiczną do użytej przy rozwiązaniu układu (9) i (10) otrzymuje się:

$$P(x, t) = \binom{x+k-1}{x} \cdot e^{-k\lambda t} (1 - e^{-\lambda t})^x \quad (20)$$

$$x = 0, 1, 2, \dots$$

Należy zauważyć, że:

$$\sum_{x=0}^{\infty} \binom{x+k-1}{x} e^{-k\lambda t} (1 - e^{-\lambda t})^x = e^{-k\lambda t} \sum_{x=0}^{\infty} \binom{x+k-1}{x} (1 - e^{-\lambda t})^x = 1$$

Wzór (20) określa rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej x , podlegającej rozkładowi Furry'ego - Yule'a. Zatem

$$\bar{x} = \bar{x}(t) = k \cdot e^{\lambda t} \quad (21)$$

$$\sigma_x^2 = \sigma_x^2(t) = k(e^{2\lambda t} - e^{\lambda t}) \quad (22)$$

Jeżeli przyjmiemy, że:

$$\lambda(x,t) = \frac{v+x}{a+t} \quad (a, v - \text{stałe}) \quad (23)$$

Wówczas 3 rozwiązanie przyjmuje postać rozkładu Poly'a

$$P(x,t) = C \left(\frac{v+x-1}{x} \right) \left(\frac{t}{a+t} \right)^x \quad (24)$$

dla $x = 0, 1, 2, \dots$

$$P(0,t) = \left(\frac{a}{a+t} \right)^v \quad (25)$$

Dla zmiennej losowej x o rozkładzie (24)

$$\bar{x} = \bar{x}(t) = \frac{v+t}{a} \quad (26)$$

$$\sigma_x^2 = \sigma_x^2(t) = \frac{v+t}{a} \left(1 + \frac{t}{a} \right) \quad (27)$$

Wyrażając ze wzorów (26) i (27) a oraz v przez \bar{x} i σ_x^2 otrzymuje się:

$$a = \frac{\bar{x} \cdot t}{\sigma_x^2 - x} \quad (28)$$

$$v = \frac{\bar{x}^2}{\sigma_x^2 - x} \quad (29)$$

Z teoretycznego punktu widzenia interesujące jest zagadnienie, czy można znaleźć inne praktyczne przydatne rozkłady liczby przekroczenia średniej zużycia EE spełniającej (4) i (5) oraz warunek (1). Otóż można stwierdzić drogą efektywnego rozwiązania równań (4) i (5), że przy dowolnym doborze ciągu funkcji

$$\lambda(0,t), \lambda(1,t), \lambda(2,t), \lambda(3,t), \dots \quad (30)$$

można otrzymać rozwiązania spełniające warunki początkowe (6) i (7). Jednak rozwiązania te mogą nie spełniać warunku (1). Z przeprowadzonych rozważań wynika, że przy ustalonym t ciąg (30) jest niemalejący. Jeżeli ciąg (30) jest rosnący, to wzrastanie nie może być zbyt szybkie. Mówi o tym twierdzenie: "Na to aby wzór (1) był spełniony dla wszystkich t potrzeba i wystarczy, by szereg

$$\sum_{x=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda(x,t)} \quad (31)$$

był rozbieżny". Wynika stąd, że tempo wzrastania ciągu (30), może być co najmniej liniowe, jak w rozkładach Furry'ego - Yule'a oraz Poly'a, co wynika z (14) i (23), ponieważ szereg

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{\alpha}}$$

jest rozbieżny dla $0 < \alpha \leq 1$, zaś zbieżny dla $\alpha > 1$. Miernikiem probabilistycznym gospodarki EE w KWK może być

$$P_0(t) = 1 - P(0,t) \quad (32)$$

prawdopodobieństwo, że w przedziale czasowym $(t_0, t_0 + \Delta t)$ zaistnieje choć jedno przekroczenie średniej zużycia EE. Z badań właściwości znalezionych rozkładów wynika, że dla:

$$\sigma_x^2 \leq \bar{x} \quad - \text{stosuje się rozkład Poissona,}$$

$$\sigma_x^2 > \bar{x} \quad - \text{rozkład Poly'a,}$$

$$\sigma_x^2 = \bar{x}(\bar{x}-1) \quad - \text{rozkład Furry'ego - Yule'a.}$$

4. ZASTOSOWANIE METODY DO WYZNACZANIA NORMATYWÓW ZUŻYCIA EE

Opierając się na danych empirycznych z poszczególnych KWK przemysłu węglowego za okres przeprowadzonych badań przedstawioną metodą obliczono prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia EE w ciągu roku.

Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 5. W poszczególnych grupach typologicznych najmniejszym prawdopodobieństwem przekroczenia średniej zużycia EE charakteryzują się kopalnie:

- w grupie I - KWK 1105 - średnioroczny wskaźnik zużycia EE - 23,94 kWh/t,
- w grupie II - KWK 1112 - średnioroczny wskaźnik zużycia EE - 18,81 kWh/t,
- w grupie III - KWK 1209 - średnioroczny wskaźnik zużycia EE - 21,31 kWh/t,
- w grupie IV - KWK 1327 - średnioroczny wskaźnik zużycia EE - 2523 kWh/t.

W poszczególnych grupach typologicznych wymienione kopalnie odznaczają się najlepszą aktualnie gospodarką zużycia EE. Uwzględniając określenie

normatywu zużycia EE można przyjąć, że wymienione wskaźniki średniorocznego zużycia EE mogą stanowić normatyw zużycia EE dla KWK przyporządkowanych do danych grup typologicznych.

Tablica 5

Prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia EE
w poszczególnych grupach typologicznych

Oznaczenie grupy	Kody kopalni	Prawdopodobieństwo $P(x,t)$	Oznaczenie grupy	Kody kopalń	Prawdopodobieństwo $P(x,t)$	
I	1101	0,1753	II	1107	0,6321	
	1105	0,1942		1112	0,0123	
	1106	0,4273		1317	0,2341	
	1108	0,5273		1318	0,3248	
	1109	0,3918		1427	0,4723	
	1114	0,2813		1527	0,0245	
	1131	0,4811		1607	0,0697	
	1201	0,2804		1610	0,5881	
	1202	0,5817		1612	0,6981	
	1207	0,5102		1613	0,8321	
	1210	0,4917	1614	0,7387		
	1211	0,6421	III	1204	0,2831	
	1213	0,2519		1209	0,0584	
	1214	0,3112		1212	0,2579	
	1231	0,4878		1312	0,4583	
	1311	0,3712		1512	0,8321	
	1313	0,5001		1601	0,6866	
	1314	0,4343		1602	0,7387	
	1315	0,3718		IV	1327	0,0129
	1316	0,3833			1524	0,4457
	1322	0,5817			1701	0,9133
	1411	0,6213	1702		0,9321	
	1412	0,4624	1703		0,9682	
	1413	0,5283	1705		0,5866	
	1414	0,4708				
	1415	0,3115				
	1417	0,7998				
	1418	0,2153				
	1419	0,3802				
	1425	0,4987				
1426	0,4011					
1513	0,6784					
1521	0,5102					
1522	0,3027					
1523	0,2937					
1526	0,9115					
1604	0,8762					
1605	0,5243					
1606	0,5702					
1609	0,4373					
1611	0,5723					
1615	0,6788					

5. WNIOSKI

Przedstawiona w niniejszym artykule metoda wyznaczania zużycia EE w KWK dotyczy normatywu zakładowego - sumarycznego. Wyznaczenie normatywów zużycia EE dla poszczególnych KWK przeprowadzono w ramach typologicznych grup kopalń, które otrzymano, biorąc pod uwagę istotne zmienne opisujące zużycie EE.

1) Metoda oparta na minimalnym prawdopodobieństwie przekroczenia średniego zużycia EE umożliwia przeprowadzenie ogólnej ilościowej oceny gospodarki EE w KWK w ramach wydzielonych typologicznych grup w konwencjonalnie dla analizy przyjętym przedziale czasu. Ponadto zezwala na analizę przyczyn pogorszenia się lub polepszenia gospodarki EE w badanej KWK w porównaniu z innymi kopalniami w obrębie rozpatrywanej grupy typologicznej.

2) Znając kopalnię - przodownika w danej grupie typologicznej, tj. kopalnię o najmniejszym prawdopodobieństwie przekroczenia zużycia EE można przyjąć, że jej zużycie EE stanowi wielkość normatywną dla wszystkich węzłów i ciągów technologicznych występujących w badanej kopalni, a także dla wszystkich KWK w danej grupie.

3) Zaproponowana metoda probabilistycznej oceny gospodarki EE ujmuje w sposób obiektywny te oceny i zezwala na wyznaczenie wielkości granicznych dopuszczalnych zużycia EE dla danej KWK.

LITERATURA

1. Kozdrój-Weigel M.: Badania systemowe gospodarki energią elektryczną w kopalni węgla kamiennego. ZN Pol. Śl., s. Górnicтво z. 22, Gliwice 1983.
2. Gluziński Wł.: Energia w kopalni węgla kamiennego. "Śląsk", Katowice 1970.
3. Góra St.: Gospodarka elektro-energetyczna w przemyśle. PWN, Warszawa 1975.
4. Bobrowski D.: Probabilistyka w zastosowaniach technicznych. WNT, Warszawa 1980.
5. Kaiser H.F.: Computer Program for Varimax Relation in Factor Analysis. Educ. and Psych. Measurement 1959, nr 19, s. 413-420.
6. Pankova L.A., Petrovskij A.M., Snejderman M.W.: Organizacja ekspertyzy i analiz ekspertnej informacji. Nauka, Moskwa 1984.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan STACHOWICZ

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
В КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Резюме

В работе представлен метод определения норм расхода электроэнергии в каменноугольных шахтах. Предложенный метод позволяет определить наиболее низкую возможность среднего расхода электроэнергии в обычно принятый отрезок времени для данной типовой группы шахт. Кроме этого, он позволяет анализировать ухудшение или улучшение хозяйствования электроэнергией в исследуемой шахте по сравнению с иными шахтами того же типа. Упорядочение по величине вероятности среднего расхода отдельных шахт определяет их позицию в области хозяйствования электрической энергией. Метод опирается на трёх распределениях: Пуассона, Фурье-Джуля и Поля.

Представлен также способ подбора подмножества важных переменных описывающих расход электроэнергии в шахтах, который является основой создания типовых групп шахт.

STANDARDS OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION
IN COAL - MINES

Summary

The method of determining standards of electrical energy consumption in the coal mines is presented in this paper. The proposed method allows to define the lowest probability of exceeding the mean electrical energy consumption in the conventionally assumed time interval for the given typological group of mines. It permits, as well to analyse the causes of deterioration or improvement of electrical energy administration in the examined mine in comparison with other mines inside examined typological group. Their systematization according to the quantity of probability of exceeding the mean consumption in particular mines determines their position as far as electrical energy administration is concerned. The method is based on three distributions of Poisson, Furry-Yule, and Poly.

The way of selecting the subset of essential variables describing the electrical energy consumption has been presented. It is the basis for creating typological groups of mines.