ZESZYTY
NAUKOWE
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

MAŁGORZATA KOZDRÓJ–WEIGEL

ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESÓW PRODUKCJI GÓRNICZEJ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

GÓRNICTWO

Z. 142
GLIWICE
1986

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 867

MAŁGORZATA KOZDRÓJ-WEIGEL

ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESÓW PRODUKCJI GÓRNICZEJ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

GLIWICE 1986

OPINIODAWCY:
Prof. dr hab. inż. Antoni Bogucki
Prof. dr hab. inż. Adam S. Trembecki

KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR NACZELNY — Prof. dr hab. inż. Wiesław Gabzdyl
REDAKTOR DZIAŁU — Prof. dr hab. inż. Mirosław Chudek
SEKRETARZ REDAKCJI — Mgr Elżbieta Stinzing
CZŁONKOWIE KOLEGIUM — Prof. dr hab. inż. Adolf Maciejny
— Prof. dr inż. Stanisław Malzacher
— Prof. dr hab. inż. Bronisław Skinderowicz

OPRACOWANIE REDAKCYJNE
Mgr Kazimiera Rymarz

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

Dział Wydawnictw Politechniki Śląskiej
ul. Kujawska 3, 44-100 Gliwice

Nakł. 160+85 Ark. wyd 8,16 Ark. druk. 8,5 Papier offset. kl. III 70x100, 70g
Oddano do druku 17.01.86 Podpis. do druku 3.02.86 Druk ukończ. w marcu 1986
Zam. 5|86 K-24 Cena zł 122,—

Skład, fotokopie, druk i oprawę
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

SPIS TREŚCI

Str.

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ 9

1. WPROWADZENIE 11

2. CEL I ZAKRES PRACY 14

3. GOSPODARKA ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO ... 16

3.1. Kryteria gospodarowania energię elektryczną w kopalniach węgla kamiennego 16
3.2. Określenie funkcji kosztów energii elektrycznej 17
3.3. Podstawy obliczenia zmiennych kosztów energii elektrycznej. 24

4. ANALIZA STATYSTYCZNA AKTUALNEJ GOSPODARKI ELEKTROENERGETYCZNEJ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO 27

4.1. Podstawy teoretyczne badań statystycznych 27
4.2. Opis przeprowadzonych badań 32
4.3. Omówienie i przedstawienie wybranych wyników badań 34
4.4. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań 40

5. WPŁYW KOSZTÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA JEJ ZUŻYCIE W KOPALNIACH WĘGLA 42

5.1. Koszty energii a zużycie energii elektrycznej 42
5.2. Analiza krzywej dobowego poboru mocy w kopalni węgla 49
5.3. Taryfy opłat za energię elektryczną 51
5.4. Wnioski 52

6. IDENTYFIKACJA NIEPARAMETRYCZNEGO MODELU ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KOPALNI WĘGLA 54

6.1. Określenie potencjalnego zbioru parametrów opisujących zużycie energii elektrycznej w kopalni węgla 54
6.2. Identyfikacja istotnych zmiennych objaśniających w modelu zużycia energii elektrycznej metodami analizy czynnikowej oraz głównego czynnika 57

7. PODZIAŁ KOPALŃ WĘGLA NA GRUPY STATYSTYCZNIE JEDNORODNE ZE WZGLĘDU NA ISTOTNE ZMIENNE WYJŚCIOWE DO MODELU ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ 65

7.1. Metoda zmiennych losowych wielowymiarowych 65
7.2. Przygotowanie materiału statystycznego 66
7.3. Omówienie wyników obliczeń 67

Str.

8. WYZNACZENIE NORMATYWÓW ZUZYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W STATYSTYCZNIE JEDNORODNYCH GRUPACH KOPALŃ WĘGLA 69

8.1. Metoda oparta na minimalnym prawdopodobieństwie przekroczenia średniego zuzycia energii elektrycznej 69

8.2. Funkcje przebiegu zużycia energii elektrycznej oraz wydobycia węgla dla statystycznie jednorodnych grup kopalń węgla 77

8.3. Metoda minimalnej wartości wskaźnika jednostkowego zużycia energii elektrycznej ze względu na wagową metrykę oddziaływania istotnych zmiennych 87

8.4. Wnioski 97

9. WSKAŹNIKI AGREGATOWE ZUZYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ DLA KOPALNI WĘGLA 99

9.1. Pojęcie wskaznika agregatowego zużycia energii elektrycznej 99

9.2. Dekompozycja zuzycia energii elektrycznej w kopalni węgla na zbiór wskaźników agregatowych 101

9.3. Wyznaczenie metodami statystycznymi wskaźników agregatowych zuzycia energii elektrycznej 107

9.4. Wnioski 114

10. ZAKOŃCZENIE 115

11. WNIOSKI KOŃCOWE 120

LITERATURA 122

PRZYPISY 125

1. Wykaz symboli identyfikujęcych gwarectwa i kopalnie PW 125

2. Listy programów na EMC ODRA 1325 126

STRESZCZENIA 133

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПЕРЕЧЕНЬ ВАЖНЕЙШИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 9

1. ВВЕДЕНИЕ 11

2. ЦЕЛЬ И ОБЪЁМ РАБОТ 14

3. ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО В КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТАХ 16

3.1. Критерии электрохозяйства в каменноугольных шахтах 16

3.2. Определение функции стоимости электроэнергии 17

3.3. Основы расчётов переменных расходов электроэнергии 24

4. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАСТОЯЩЕГО ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА В КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТАХ 27

4.1. Основы теоретических, статистических исследований 27

4.2. Описание проведённых исследований 32

4.3. Обсуждение и представление избранных результатов исследований 34

4.4. Выводы вытекающие из проведённых исследований 40

5. ВЛИЯНИЕ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЕЁ РАСХОД В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ 42

5.1. Стоимость энергии, а расход электроэнергии 42

5.2. Анализ кривой суточного потребления мощности в угольных шахтах 49

5.3. Тариф стоимости электроэнергии 51

5.4. Выводы 52

6. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ 54

6.1. Определение потенциального множества параметров описывающих расход электроэнергии в угольных шахтах 54

6.2. Идентификация существенных переменных, объясняющих в модели расхода электроэнергии при помощи методов факторного анализа и главного фактора 57

7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ НА ОДНОРОДНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ВВИДУ СУЩЕСТВЕННЫХ ВЫХОДНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ К МОДЕЛИ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 65

7.1. Метод случайных многомерных переменных 65

7.2. Подготовка статистического материала 66

7.3. Обсуждение результатов расчётов 67

Стр.

8. ОБОЗНАЧЕНИЕ НОРМАТИВОВ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СТАТИСТИЧЕСКИХ ОДНОРОДНЫХ ГРУППАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 69

8.1. Метод основанный на минимальной вероятности превышения среднего расхода электроэнергии 69

8.2. Протекание функции расхода электроэнергии и выемки угля для статистически однородных групп угольных шахт 77

8.3. Метод минимального значения единичного показателя расхода электроэнергии в связи с весовым паспортом воздействия существенных переменных 87

8.4. Выводы 97

9. АГРЕГАТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ 99

9.1. Понятие агрегатного показателя расхода электроэнергии 99

9.2. Декомпозиция расхода электроэнергии в угольных шахтах на множество агрегатных показателей 101

9.3. Обозначение статистическими методами агрегатных показателей расхода электроэнергии 107

9.4. Выводы 114

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 115

11. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ 120

ЛИТЕРАТУРА 122

СБОРНЫЕ ПРИМЕЧАНИЯ 125

1. Перечень символов идентифицирующих Объединения и шахты угольной промышленности 125

2. Программы для ЭВМ "ОДРА 1325" 126

CONTENTS

Page

LIST OF MORE IMPORTANT SYMBOLS 9

1. INTRODUCTION 11

2. PURPOSE AND RANGE OF THE WORK 14

3. ELECTRIC ENERGY POLICY IN COAL MINES 16

3.1. Criteria of electric energy policy im coal mines 16

3.2. Indication of the function of electric energy costs 17

3.3. Fundamentals of calculation of variables of electric energy costs 24

4. STATISTICAL ANALYSIS OF THE PRESENT ELECTROENERGETIC POLICY IN COAL MINES 27

4.1. Theoretical fundamentals of statistic studies 27

4.2. Description of the studies that have been carried out 32

4.3. Discussing and presenting of the chosen results 34

4.4. Conclusions resulting from the carried out studies 40

5. INFLUENCE OF ELECTRIC ENERGY COSTS ON ITS CONSUMPTION IN COAL MINES 42

5.1. Energy costs and energy consumption 42

5.2. Analysis of the curve of daily power consumption in coal mines 49

5.3. Scales of charges for electric energy 51

5.4. Conclusions 52

6. IDENTIFICATION OF NON-PARAMETER MODEL OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION IN A COAL MINE 54

6.1. Indication of a potential set of the parameters describing electric energy consumption in a coal mine 54

6.2. Identification of important describing variables in the model of electric energy consumption by means of the factor analysis methods and identification of main factor 57

7. DIVISION OF COAL MINES INTO HOMOGENOUS STATISTICAL GROUPS CONSIDERING IMPORTANT INITIAL VARIABLES FOR THE MODEL OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION 65

7.1. Method of multi-dimensional random variables 65

7.2. Preparation of statistical material 66

7.3. Discussion on calculation results 67

Page

8. DETERMINATION OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION STANDARDS IN STATISTICALLY HOMOGENOUS GROUPS OF COAL MINES 69

8.1. Method based on minimum probability of going beyond an average electric energy consumption 69

8.2. Functions of the process of electric energy consumption and of coal winning for statistically homogenous groups of coal mines 77

8.3. Method of minimum value of unitary factor of electric energy consumption concerning weight specification of important variables influencing 87

8.4. Conclusions 97

9. SET FACTORS OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION FOR A COAL MINE ... 99

9.1. Notion of a set factor of electric energy consumption ... 99

9.2. Decomposition of electric energy consumption in a coal mine on set factors set 101

9.3. Determination of electric energy consumption by means of statistical methods of set factors 107

9.4. Conclusions 114

10. COMPLETION 115

11. COMPLETION CONCLUSIONS 120

BIBLIOGRAPHY 122

ANNEXE 125

1. List of symbols identifying mining companies and coal mines PW 125

2. Lists of programmes for EMC ODRA 1325 126

SUMMARY 133

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

A - zużycie energii

A_i - roczne zużycie energii elektrycznej w wydzielonych ogniwach procesu produkcyjnego

A_{ip} - wartość technologicznego, agregatowego wskaźnika zużycia energii elektrycznej w roku początkowym

A_{ic} - obliczane wartości wskaźnika agregatowego zużycia energii elektrycznej w badanym okresie

AZ - średni wskaźnik zużycia energii elektrycznej

C_e - cena jednej kWh energii elektrycznej

C_s - opłata jednostkowa energii elektrycznej

C_w - cena wewnętrzna węgla

K_e - koszty energii elektrycznej

K_j^w - całkowite techniczne koszty wytwarzania produktów j-tego rodzaju

k_j^w - jednostkowy całkowity techniczny koszt wytwarzania produktu j-go rodzaju

K^{se} - koszty umowne stałe energii doprowadzonej do j-tych procesów

K^{ze} - koszty zmienne energii doprowadzonej do j-tych procesów

K_r - planowany roczny koszt własny sprzedaży węgla

m - jednostkowa moc zainstalowanych napędów czynnych

P_z - moc zainstalowanych napędów kopalnianych

$P_{śr}$ - średni wskaźnik mocy zainstalowanej w napędach czynnych

U_i - wskaźnik rocznego wykorzystania mocy zainstalowanej w i-tej kopalni

WK - roczny wskaźnik wykorzystania mocy zainstalowanej

W_r - roczne wydobycie węgla

W_r^{pl} - planowana roczna ilość sprzedaży węgla

W_{ti} - jednostkowe wskaźniki agregatowe zużycia energii elektrycznej

$W(n)$ - funkcja charakteryzująca roczne wydobycie węgla danej grupy typologicznej

Z_n' - roczne zużycie energii elektrycznej przez n-tą kopalnię w danej grupie typologicznej

$Z(n')$ - funkcja charakteryzująca roczne zużycie energii elektrycznej przez daną grupę typologiczną

η_{ei} - sprawność elektroenergetyczna

z - jednostkowe zuzycie energii elektrycznej odniesione do tony wydobycia węgla netto

1. WPROWADZENIE

Wprowadzenie do przemysłu węglowego nowoczesnych technologii wydobycia węgla i związany z nimi wysoki stopień mechanizacji i automatyzacji procesów przyczyniają się do stałego wzrostu zużycia przez przemysł węglowy energii w różnych jej postaciach. Ponadto coraz bardziej odczuwalny jest wpływ gospodarowania energią elektryczną (skrót: EE) w kopalniach węgla kamiennego (skrót: KWK) na wydajność pracy i jej jakość. W tej sytuacji racjonalna gospodarka EE w KWK staje się koniecznością tak z punktu widzenia ekonomiki samej kopalni, jak i ekonomicznego gospodarowania EE w skali regionu i kraju. Poza środkami i przedsięwzięciami o charakterze technicznym powazne znaczenie dla racjonalizacji gospodarki EE w sferze zużycia w KWK posiada sprawny system zarządzania tę gospodarkę. Możliwości oceny pracy układu elektroenergetycznego wyłącznie w oparciu o tradycyjne systemy wskaźników oraz programowanie jego pracy na podstawie sposobów wynikających z doświadczenia personelu eksploatacyjnego są niewystarczające.

Poprawa poziomu eksploatacji układu elektroenergetycznego KWK drogą wprowadzenia nowoczesnych systemów zarządzania, w tym odpowiednich metod oceny i optymalizacji jego pracy, prowadzi do efektywniejszych wyników. Wieloletnie badania i praktyczne próby [29] w tym zakresie w pełni potwierdziły powyższy pogląd.

Prezentowana praca stanowi propozycję kompleksowej metodologii analizy i oceny gospodarki EE w KWK z uwzględnieniem racjonalnego zużycia EE na jednostkę produkcji. Propozycje są wynikiem praktycznych doświadczeń oraz pracy badawczej autora.

Niniejsza praca jest jednocześnie odbiciem tendencji, jakie zarysowują się w świecie w zakresie projektowania systemów zarządzania gospodarkę elektroenergetyczną w przemyśle węglowym. Jeszcze kilka lat temu wyróżnić można było dwa kierunki:

1) W części krajów RWPG rozwijano metody prognozowania zapotrzebowania EE i analizy zużycia w oparciu o ujednolicone układy wskaźników, pozostawiając w pewnym stopniu na uboczu problemy organizacji operatywnego zarządzania.

2) W rozwiniętych krajach kapitalistycznych wobec relatywnie wyższego poziomu elektroniki, niższych kosztów sprzętu informatycznego systemy zarządzania gospodarkę elektroenergetyczną w KWK opierały się wyłącznie na rozwiniętych komputerowych systemach centralnej rejestracji i

przetwarzania danych (CRPD). Systemy CRPD miały również za zadanie prowadzenie działalności statystycznej w zakresie zużycia EE. Sytuacja ta była odbiciem warunków bardziej ogólnych, jakie występowały w poszczególnych krajach w ubiegłym dziesięcioleciu. Obecnie warunki te ulegają w znacznym stopniu upodobnieniu, mianowicie w krajach kapitalistycznych zwracać zaczęto uwagę na potrzebę racjonalizacji gospodarki EE, zaś w krajach RWPG wzrosły możliwości zastosowania nowoczesnych środków informatyki. Zrodziła się stąd potrzeba budowy kompleksowych modeli systemów dla zarządzania gospodarką EE w KWK. W chwili obecnej brak jest przykładów metodologii projektowania takich systemów.

Analiza dostępnej literatury i publikacji z zakresu gospodarowania EE w KWK umożliwia wyodrębnienie niżej podanych zakresów tematycznych będących przedmiotem badań:

- metody prognozowania zapotrzebowania EE w procesie produkcji górniczej ze szczególnym uwzględnieniem jakości EE i niezawodności zasilania [1], [3], [15], [17], [39],
- zapotrzebowanie na EE z wykorzystaniem modeli dyskretno-ciągłych oraz metod rozpoznawania obrazów, analizy korelacji i regresji w przemyśle wydobywczym [14], [54], [55],
- konwersja energii sprężonego powietrza i EE dla specyficznych warunków górniczo-geologicznych niektórych typów KWK [12], [16],
- metody zwiększania efektywności wykorzystania zainstalowanych środków produkcji przy zadanych wskaźnikach niezawodności [31], [32], [13], [8],
- dobór wyposażenia elektrycznego do maszyn i urządzeń podziemnych w ramach rozwoju elektryfikacji KWK [16], [12], [34].

Jednocześnie, znane przykłady wdrożeń w polskim przemyśle węglowym [41] mają ciągle fragmentaryczny, bardzo wycinkowy charakter.

Praca składa się z trzech podstawowych części.

W pierwszej części ujęte zostało doskonalenie gospodarki EE dla potrzeb KWK. Przez doskonalenie rozumie się zespół przedsięwzięć podejmowanych w podsystemie EE, prowadzących do minimalizacji zmiennych kosztów EE, dla znanej struktury i wielkości produkcji oraz niezmiennych warunków górniczo-geologicznych w określonym przedziale czasu. Opierając się na ogólnym kryterium ekonomicznym gospodarowania EE w przemyśle węglowym dla podsystemu gospodarowania EE w KWK podano analityczną postać funkcji celu.

Zostały opisane sposoby formułowania i metody prowadzenia obliczeń dla minimalizacji zmiennych kosztów EE oraz jej użytkowania w zakresie danego podsystemu EE. Dokonana została statystyczna ocena aktualnej gospodarki EE. W ocenie tej, wykonanej dla całej zbiorowości KWK oraz grup kopalń o podobnym rocznym wydobyciu węgla, uwzględniono następujące czynniki:

- wydobycie roczne,
- zużycie EE,
- moc zainstalowanych napędów w KWK.

Przeprowadzone badania wykazały, że średni wskaźnik zużycia EE maleje wraz ze wzrostem wydobycia oraz ze wzrostem średniego wskaźnika wykorzystania zainstalowanej mocy w poszczególnych KWK. Średni wskaźnik wykorzystania zainstalowanej mocy określono stosunkiem zużycia EE w przyjętym przedziale czasu do wielkości mocy zainstalowanej w napędach czynnych w KWK.

W części drugiej pracy w oparciu o analizę obowiązujących taryf opłat za EE oraz kosztów EE stwierdzono znikomy wpływ taryfy opłat na zużycie EE w KWK. Zatem mechanizmy ekonomiczne w postaci taryf opłat za EE są nieskuteczne w obniżeniu energochłonności produkcji górniczej. Metodami heurystycznymi sporządzono zbiór potencjalnych zmiennych objaśniających zużycie EE w KWK. Metodami analizy czynnikowej oraz podstawowego czynnika dokonano selekcji zbioru potencjalnych zmiennych do istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE w KWK.

Wyniki badań przedstawiono w postaci ogólnego modelu przyczynowo-skutkowego, tj. zużycie EE w zależności od zmiennych objaśniających zużycia EE w KWK.

W części trzeciej posługując się metodą zmiennych losowych wielowymiarowych dokonano podziału KWK na grupy statystycznie jednorodne ze względu na istotne zmienne objaśniające zużycie EE. Zaproponowano trzy metody wyznaczania normatywów zużycia EE dla KWK w obrębie danych grup typologicznych, mianowicie:

- minimalne prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia EE,
- zależność zużycia EE od wydobycia węgla,
- minimalna wartość wskaźnika normatywnego z poprawką wagowej metryki oddziaływania istotnych zmiennych objaśniających.

Oprócz wyżej podanych wskaźników zakładowych zaproponowano zestaw wskaźników technologicznych agregatów zużycia EE, pozwalających na prognozowanie zużycia EE w procesach produkcyjnych podstawowych, pomocniczych i usługowych oraz ocenę i optymalizację całej gospodarki EE w KWK.

Pracę zakończono wnioskami o charakterze praktycznym. W przeprowadzonych badaniach posłużono się danymi zebranymi ze wszystkich KWK za lata 1982, 1983 oraz pierwsze półrocze 1984 r.

Oddzielnym problemem jest zużycie EE w KWK silnie gazowych, który należy rozpatrywać w aspektach technicznych i ekonomicznych. Problem ten nie jest rozpatrywany w niniejszej pracy.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Brak było badań systemowych uwzględniających wewnętrzne relacje pomiędzy składowymi elementami systemów organizacyjnych KWK a podsystemami EE. Niniejsza praca jest propozycją podejścia systemowego w zakresie gospodarki EE w KWK. Stąd przyjęto następujące cele:

1. Wyznaczenie uzasadnionych normatywów zużycia EE
   - opartych na analizie obecnej gospodarki EE w KWK,
   - określających dopuszczalny poziom zużycia EE, gwarantujący prowadzenie procesu produkcji wydobycia węgla w sposób niezakłócony,
   - uwzględniających istotne zmienne objaśniające zużycie EE w grupach jednorodnych KWK,
   - stanowiących wzorzec gospodarowania EE dla poszczególnych KWK w ramach typologicznych grup.
2. Opracowanie metodologii projektowania zestawu wskaźników normatywnych zużycia EE dla poszczególnych KWK, pozwalających na operatywne zarządzanie gospodarką EE oraz stymulujące obniżkę energochłonności procesów produkcji wydobycia węgla kamiennego.

Wyżej wymienione zasadnicze cele implikują przyjęcie i sformułowanie tezy pracy. Sformułowanie tezy pracy poprzedzono wykonaniem badań i analiz w KWK oraz przeprowadzeniem wywiadów w służbach kopalń, a mianowicie:

- pionu głównego inżyniera ds. energomaszynowych,
- pionu głównego inżyniera górniczego,
- działu głównego księgowego.

Podstawowym celem tych badań było określenie wpływu obecnie obowiązujących taryf opłat za zużycie EE na racjonalizację tego zużycia w KWK.

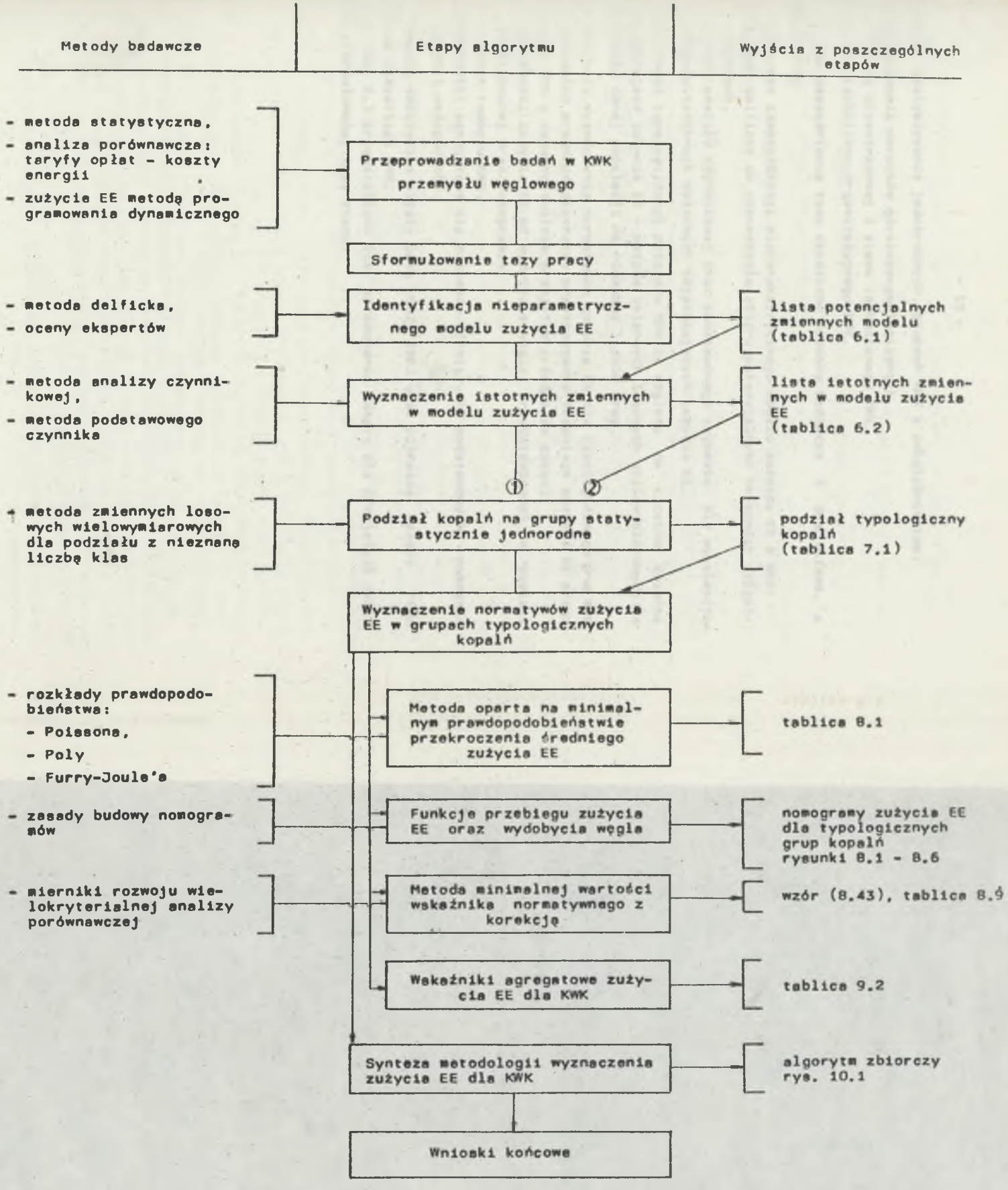
W tych badaniach wykorzystano:

- metody statystyczne dla ustalenia wzajemnych zależności zużycia EE, kosztów energii, kosztów własnych wydobycia węgla,
- metodę programowania dynamicznego, sekwencyjnego Bellmana-Kaufmana w pogłębionej analizie porównawczej taryfy opłat i kosztów EE.

Wyniki przeprowadzonych badań i analiz w KWK uzasadniają sformułowanie następującej tezy pracy:

Teza pracy

Warunkiem obniżenia energochłonności procesów produkcyjnych w KWK jest wyznaczenie metodami matematycznymi dopuszczalnego zużycia EE w poszcze-



Rys. 2.1. Plan opracowania tematu pracy

Fig. 2.1. Plan of working out of the work subject

gólnych, statystycznie jednorodnych, grupach KWK z uwzględnieniem:

- zróżnicowania warunków górniczo-geologicznych,
- struktury przestrzennej i stanu technicznego KWK,
- poziomu techniczno-organizacyjnego KWK.

W celu uzasadnienia tezy określono sposoby badawcze i projektowe, a mianowicie:

- w zakresie identyfikacji nieparametrycznego modelu zużycia EE w KWK:
  - metodę delficką do wyznaczenia zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających,
  - metody analizy czynnikowej oraz podstawowego czynnika dla wyselekcjonowania istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE,
- w zakresie typologicznego podziału KWK ze względu na istotne zmienne objaśniające zużycie EE - metodę zmiennych losowych wielowymiarowych dla podziału danej populacji na nieznaną liczbę grup,
- w zakresie wyznaczenia normatywów zużycia EE dla typologicznych grup KWK
  - minimalne prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia EE przez daną KWK w konwencjonalnie przyjętym przedziale czasu,
  - zależności zużycia EE od wydobycia węgla przedstawionych w postaci analitycznej oraz nomogramów,
  - miernik rozwoju KWK,
  - wskaźniki agregatowe dla procesów górniczych podstawowych, pomocniczych i usługowych.

Badania empiryczne objęły lata 1982, 1983 oraz pierwszą połowę roku 1984 we wszystkich KWK.

Na rys. 2.1 przedstawiono tok opracowania tematu dla przyjętych celów oraz sformułowanej tezy pracy.

3. GOSPODARKA ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

3.1. Kryteria gospodarowania energią elektryczną w kopalniach węgla kamiennego

Kryterium ekonomiczne powinno stanowić jedno z kryteriów gospodarowania EE i umożliwiać udoskonalenie realizacji zadań gospodarczych KWK. Kryteria techniczne mogą mieć charakter decydujących wytycznych gospodarowania EE.

W trakcie realizacji dowolnego programu doskonalenia gospodarowania występują zakłócenia utrudniające wykonanie zadania zgodnie z opracowanym planem. Zakłócenia te można podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne. Są one w istocie odchyleniami od wartości planowanych.

Jak wskazuje praktyka gospodarcza, trudności przetwarzania ogromnej liczby danych występują obecnie wyraźnie w przedsiębiorstwach przemysłowych, w tym i w KWK, dobrze zorganizowanych i wyposażonych w środki rejestracji przetwarzania danych. Zatem, oprócz poszukiwania metod doskonalenia gospodarowania zachodzi konieczność przyjęcia założenia, że możliwa jest dekompozycja systemu organizacyjnego KWK na odpowiednie podsystemy gospodarowania. Przez pojęcie "podsystem elektroenergetyczny KWK" rozumie się zespół urządzeń, środków technicznych i EE zużywanej na potrzeby własne, za pośrednictwem których realizowane są poszczególne fazy gospodarowania EE.

Otoczenie podsystemu elektroenergetycznego KWK to zespół czynników:

a) wewnętrznych - warunki geologiczno-górnicze, stan techniczny i struktura przestrzenna KWK, a także jej poziom techniczno-organizacyjny, stan zaopatrzenia, kadra inżynieryjna itp.,
b) zewnętrznych, tzw. dostarczanych spoza KWK, limity zaopatrzenia KWK w EE i urządzenia energetyczne, współpraca z systemami energetycznymi,
c) zakłóceń.

Struktura wieloszczeblowa, hierarchiczna systemu zarządzania KWK pozwala określić dla podsystemu elektroenergetycznego kopalni cel działalności gospodarczej. Ilościowe określenie celu umożliwia sformułowanie kryterium, będącego miernikiem efektywności funkcjonowania danego podsystemu. Kryteria te dla podsystemu energoelektrycznego KWK powinny spełniać poniższe podstawowe funkcje:

- stanowić podstawę do operatywnego bieżącego i długofalowego zarządzania podsystemem,

- określać niezbędne środki i warunki do stymulowania działalności podsystemu.

Kryteria mogą być określane za pomocą funkcji ujmujących wysokość kosztów i wskaźniki zużycia EE.

3.2. Określenie funkcji kosztów energii elektrycznej

Ogólne kryterium ekonomiczne gospodarowania EE w KWK, będące podstawą do określenia funkcji celu, można sformułować następująco [49]:

uzasadniona jest taka wysokość kosztów gospodarowania EE w przedziale czasu Δt, która prowadzi do minimum całkowitych technicznych kosztów wytwarzania (wydobycia) węgla w tym przedziale czasu, przy ustalonych pozostałych czynnikach determinujących wysokość tych kosztów.

Opracowany dla potrzeb niniejszej metody model optymalizacyjny oparty został na ogólnym modelu matematycznym planu produkcji [2]. W modelu tym założono, że między wielkością produkcji a zużyciem energii i materiałów w dowolnym przedziale czasu Δt zachodzi następująca zależność:

$$\vec{G} = M \cdot \vec{X} + \vec{S}, \tag{3.1}$$

gdzie:

$\vec{G} = \{G_i\}$ - wektor całkowitego zużycia materiałów i-tego rodzaju,
$M = \{m_{ij}\}$ - macierz norm technologicznych uwzględniających warunki górniczo-geologiczne i strukturę przestrzenną kopalni,
$\vec{X} = \{X_j\}$ - wektor produktów j-tego rodzaju
$\vec{S} = \{S_i\}$ - wektor zużycia materiałów i-tego rodzaju niezależnego od wielkości produkcji,

przy czym

$j = 1,2,\ldots,p; \quad j \in J$
$j = 1,2,\ldots,k; \quad i \in I$

W celu sformułowania modelu matematycznego obejmującego wyłącznie gospodarkę energetyczną w KWK wyodrębniono ze zbioru określonego wektorem $\vec{G}$ podzbiór nośników i postaci energii niezbędny w procesach wytwarzania produktów j-tego rodzaju.

Wektor zużycia energii można oznaczyć:

$$\vec{A} = \{A_i\} \qquad i = 1,2,\ldots,m; \quad i \in I \tag{3.2}$$

przy czym $k \leq m$

Model matematyczny gospodarki energetycznej można przedstawić następująco:

1. Równanie zapotrzebowania energii:

$$E_i = \sum_{r \in Q} E_{ir} + \sum_{j \in J} E_{ij}^d, \tag{3.3}$$

przy czym:

E_i - całkowita ilość energii i-tego rodzaju doprowadzona do odbiorców,

E_{ir} - ilość energii i-tego rodzaju w r-tym zestawie,

E_{ij}^d - ilość energii i-tego rodzaju zapotrzebowana przez j-ty proces technologiczny niezależnie od wielkości produkcji,

$i = 1,2,\ldots,m$; $i \in I$ - zbiór indeksów nośników i postaci energii

$j = 1,2,\ldots,p$; $j \in J$ - zbiór indeksów procesów produkcyjnych,

$r = 1,2,\ldots,q$; $r \in Q$ - zbiór indeksów zestawów energii.

2. Równanie udziału w zestawach:

$$E_{ir} = u_{ir} R_r, \tag{3.4}$$

gdzie:

R_r - całkowite zapotrzebowanie energii przez procesy technologiczne w r-tym zestawie,

$u_{ir} \in U$ - macierz współczynników udziału i-tych rodzajów energii w r-tych zestawach o wymiarze i x r.

3. Równanie zapotrzebowania energii w zestawach:

$$\sum_{r \in Q} R_{rj} = A_j, \tag{3.5}$$

przy czym:

$$R_{rj} = S_{jr} \cdot R_r, \tag{3.6}$$

$$S_{jr} = \frac{A_j^N}{A_j^r}, \tag{3.7}$$

gdzie:

$S_{jr} \in S$ - macierz współczynników równoważności produkcji o wymiarach j x r,

A_j^N - wskaźnik jednostkowego zużycia energii w zestawie nominalnym, proporcjonalnego do wielkości produkcji j-tego produktu,

A_j^r - wskaźnik jednostkowego zużycia energii w r-tym zestawie, proporcjonalnego do wielkości produkcji j-tego produktu,

R_{rj} - zużycie energii w r-tych zestawach w j-tym procesie produkcyjnym, proporcjonalne do wielkości produkcji j-tego produktu,

A_j - zapotrzebowanie energii przez j-ty proces technologiczny, proporcjonalne do wielkości produkcji j-tego produktu przy doprowadzeniu energii w zestawie nominalnym.

Z formalnego punktu widzenia wprowadzenie zestawu energii nie wyklucza możliwości analizy zagadnienia jednostkowo, tzn. dla poszczególnych rodzajów energii wystarczy przyjąć, że w r-tym zestawie energii zawarty jest wyłącznie jeden i-tego rodzaju nośnik lub postać energii. Do wyznaczenia współczynnika równoważności produkcji przyjmuje się wskaźnik jednostkowego zużycia energii w warunkach nominalnych dla danego procesu produkcyjnego. Wskaźnik jednostkowego zużycia energii w r-tym zestawie określa wartość całkowitego zużycia energii doprowadzonej do procesu technologicznego w r-tym zestawie przy produkcji j-tego produktu w ilości nominalnej.

4. Równanie ogólnego bilansu energii:

$$\sum_{r \in Q} u_{ir} R_r + \sum_{j \in J} E_{ij}^d + E_i^s = E_i^w + E_i^z + E_i^{od}, \tag{3.8}$$

gdzie:

E_i^s - ilość sprzedanej energii i-tego rodzaju, pozaukładowej,

E_i^w - ilość wytworzonej energii i-tego rodzaju,

E_i^z - ilość zakupionej energii i-tego rodzaju,

E_i^{od} - ilość wytworzonej ubocznie energii i-tego rodzaju.

Kryterium ekonomiczne gospodarowania energią w KWK wyrazić można w postaci analitycznej, wychodząc z ogólnej funkcji całkowitych kosztów produkcji:

$$K^w = \sum_{j \in J} k_j^w x_j, \tag{3.9}$$

gdzie:

K^w - całkowite techniczne koszty wytwarzania produktów j-tego rodzaju,

k_j^w - jednostkowy całkowity techniczny koszt wytworzenia produktu j-tego rodzaju.

Funkcję ogólną kosztów produkcji (3.9) po uwzględnieniu struktury kosztów wydobycia węgla przedstawiono:

$$K^w = K^p + K_e, \tag{3.10}$$

gdzie:

K^p - całkowite koszty wytwarzania produkcji pomniejszonych o koszty energii,

K_e - całkowite koszty energii doprowadzonych do j-tych procesów.

Całkowity koszt energii wyrażono wzorem:

$$K_e = \sum_{j \in J} (K_j^{we} \cdot x_j + K_j^{de}), \tag{3.11}$$

gdzie:

k_j^{we} - jednostkowe koszty całkowite energii doprowadzonej do j-tego procesu, zależne od wielkości produkcji,

K_j^{de} - całkowite koszty energii doprowadzonej do j-tego procesu, niezależnie od wielkości produkcji.

Interpretując konsekwentnie ogólne kryterium ekonomiczne można założyć, że przy znanej strukturze i wielkości produkcji w danych warunkach górniczo-geologicznych

$$K^p = \text{const} \tag{3.12}$$

z zastrzeżeniem, że rozpatruje się taki przedział czasu, w którym można uznać warunki górniczo-geologiczne za niezmienne.

Wobec powyższego ogólne kryterium gospodarowania energią zostanie spełnione, gdy:

$$K^w \cong \min_D K^e = \min_D (K^{se} + K^{ze} + K^{de}), \tag{3.13}$$

gdzie:

K^{se} - koszty umowne stałe energii doprowadzonej do j-tych procesów,

K^{ze} - koszty zmienne energii doprowadzonej do j-tych procesów,

K^{od} - koszty zmienne wytwarzania ubocznie energii w j-tych procesach.

$$K^{ze} = \min_D \sum_{i \in I} k_i \cdot E_i \tag{3.14}$$

lub

$$K^{ze} = \min_D \sum_{i \in I} (k_i^{zew} \cdot E_i + k_i^z \cdot E_i^z + k_i^{od} \cdot E_i^{od} - k^s \cdot E_i^s), \tag{3.15}$$

gdzie:

k_i^{zew} - jednostkowy koszt własny zmienny energii własnej i-tego rodzaju

k_i^z - jednostkowy koszt zmienny energii i-tego rodzaju zakupionej z zewnątrz,

k_i^{od} - jednostkowy koszt zmienny wytwarzania ubocznie energii i-tego rodzaju,

k_i^s - jednostkowy koszt energii i-tego rodzaju sprzedanej na zewnątrz

k_i - jednostkowy koszt energii i-tego rodzaju.

Obszar rozwiązań dopuszczalnych określają równania bilansowe (3.3), (3.4) (3.5), (3.8) oraz nierówności ograniczające [22]:

$$E_i^z, E_i^s, E_i^w, E_i^{od}, R_r \geq 0$$

Poszukiwanie rozwiązań przy istniejącym wyposażeniu gospodarki elektroenergetycznej KWK polegać musi na minimalizacji wyłącznie kosztów zmiennych gospodarki elektroenergetycznej kopalni. Przyjmuje się, że koszty stałe winny być pokryte niezależnie od sposobu realizacji określonych programów gospodarowania EE w ogóle. Koszty remontów i modernizacji włącza się tym samym w koszty umownie stałe. Założenie to wzbudza u niektórych autorów [24] pewne zastrzeżenia. Twierdzą oni, iż konieczność prowadzenia prac modernizacyjnych wypływa ze spowodowanej obniżki kosztów zmiennych. Sugerują tym samym, że funkcje kosztów powinny zawierać wyodrębniony składnik, określający koszty modernizacji. Takie podejście byłoby uzasadnione w przypadku poszukiwania racjonalnej struktury podsystemu elektroenergetycznego w planowaniu jego rozwoju. Bardziej dyskusyjne jest ujmowanie w kosztach stałych kosztów remontu, szczególnie bieżących.

Koszty te są zależne od jakości urządzeń oraz od stopnia wykorzystania tych urządzeń. Wobec braku szczegółowych danych niezbędnych dla określenia analitycznego tych zależności nie wprowadzono do funkcji celu odpowiedniego składnika kosztów. Na podstawie wyłącznie przybliżonych oszacowań można przyjąć, że koszty remontów bieżących urządzeń i maszyn energetycznych w KWK ponoszone tytułem sposobu prowadzenia ruchu nie przekraczają kilku procent kosztów całkowitych gospodarki remontowej i tym samym nie będą wpływały znacząco na wyniki obliczeń prowadzonych w oparciu o koszty zmienne.

Poważny problem, jaki wyłania się przy posługiwaniu się opracowaną funkcją celu, tkwi w trudności poprawnego określenia występujących w niej kosztów jednostkowych zmiennych EE, szczególnie w przypadku technicznie złożonych układów EE. Przyjęto tutaj założenie polegające na zachowaniu ciągłości strumienia kosztów, tzn. wychodząc z ceny pozyskania energii drogę "nakładania" kosztów zmiennych ponoszonych w poszczególnych fazach gospodarowania energią. Jednostkowy koszt zmienny zakupionego i-tego noś-

nika doprowadzonego do poziomu użytkowania w przedziale czasu Δt można wyrazić za pomocą zależności [20]:

$$k_i^{ze}(P) = C_i \frac{E_i^z(A)}{E_i^z(P)} + \frac{\sum_{f \in F} K_i^{ze}(f)}{E_i^z(P)}, \qquad (3.16)$$

gdzie:

$k_i^{ze}(P)$ - jednostkowy koszt zmienny i-tego rodzaju energii doprowadzonej do fazy użytkowania,

C_i - cena jednostkowa i-tego rodzaju energii,

$E_i^z(A)$ - całkowita ilość zakupionej energii i-tego rodzaju,

$E_i^z(P)$ - całkowita ilość energii i-tego rodzaju doprowadzona do fazy użytkowania,

$K_i^{ze}(f)$ - koszty zmienne obciążające nośnik energii i-tego rodzaju w obrębie danej fazy gospodarowania energią,

$f \in F$ - zbiór indeksów faz gospodarowania energią.

Pierwszy człon wyrażenia (3.16) określa przyrost kosztów energii w odniesieniu do ceny zakupów tytułem sprawności energetycznej poszczególnych faz gospodarowania. Drugi człon pozwala naliczyć koszty zmienne na cenę nośnika, ponoszone w poszczególnych fazach gospodarowania w trakcie przesyłu nośnika do procesu technologicznego. W skrajnym przypadku przy przesyle energii elektrycznej można przyjąć, że

$$E_i^z(A) = E_i^z(P),$$

tzn. od licznika energii zakupionej do poszczególnych procesów technologicznych w KWK. Wówczas jednostkowy zmienny koszt EE będzie równy cenie zakupu, czyli

$$k_i^{ze} = C_i \qquad (3.17)$$

Wyznaczone na podstawie podanych zależności wartości zmiennych kosztów energii są wielkościami średnimi. Do optymalizacji obliczeń kosztów zmiennych energii przyjęto zasadę, że nośniki i postacie energii w obrębie danej KWK mogą być dostarczane do procesów zgodnie z zapotrzebowaniem z uwzględnieniem wyłącznie ograniczeń wynikających z możliwości technicznych poszczególnych układów technologicznych, górniczych dla danych warunków geologicznych.

Tablica 3.1

Charakterystyka struktury zużycia i kosztów poszczególnych rodzajów energii w KWK[x])

Lp.	Rodzaj energii	Zużycie nośnika energii			% kosztów poszczególnych nośników w całkowitym koszcie energii			% - przyrost kosztów nośnika energii na każdą tonę wydobycia		
		min brzegowe	średn.	max brzegowe	min brzegowe	średn.	max brzegowe	min brzegowe	średn.	max brzegowe
1	Wskaźnik zużycia sprężonego powietrza m^3/t	64,25	70,68	90,13	18,1	20,7	24,5	0,69	1,81	2,02
2	Wskaźnik zużycia węgla kamiennego kg/t	6,8	7,09	7,7	5,2	6,9	7,1	0,41	1,21	1,24
3	Wskaźnik zużycia energii elektrycznej kWh/t	15,06	36,34	115,01	68,4	72,4	76,3	4,72	10,74	17,39
4	Wskaźnik zużycia energii kg p.u/t	19,17	19,36	19,68	-	-	-	-	-	-

x) Opracowano na podstawie Rocznych statystyk MGiE.

Przed ustaleniem zasad obliczenia zmiennych kosztów energii przeanalizowano występujące nośniki energii w KWK. W tablicy 3.1 przedstawiono dla poszczególnych nośników energii następujące wielkości charakterystyczne:

- zużycie nośników energii,
- % kosztów poszczególnych nośników w całkowitym koszcie energii,
- % przyrost kosztu poszczególnego nośnika energii na każdą tonę wydobycia ponad wielkość planową.

Wartości średnie dla tych wielkości dotyczą całego przemysłu węglowego za lata 1982-1984. Zaś wielkości ekstremalne są wartościami charakterystycznymi dla danych KWK w całej zbiorowości kopalń przemysłu węglowego. Analiza przedstawionych wyników w tablicy 3.1 wskazuje, że EE na obecnym poziomie rozwoju KWK jest dominującym nośnikiem energii i decydującym o realizacji zadań produkcyjnych całego przemysłu węglowego i poszczególnych KWK. Stąd zasady obliczenia kosztów zmiennych i dalsze rozważania ograniczono do tego nośnika energii.

3.3. Podstawy obliczenia zmiennych kosztów energii elektrycznej

Wyznaczone zależności w podrozdziale 3.2 po wprowadzeniu do funkcji kosztów [9]

$$K^{ze} = \min_{D} \sum_{i \in I} k_i E_i \qquad (3.18)$$

pozwalają na wyznaczenie racjonalnych programów pracy podsystemu EE poszczególnych KWK z punktu widzenia kryterium ekonomicznego.

Składniki funkcji celu (3.18) mają przebieg dyskretny, bowiem ceny EE zmieniają się w danym przedziale czasu zgodnie z obowiązującymi taryfami opłat.

W tym przypadku celowe i z reguły konieczne okazuje się stosowanie programowania dynamicznego sekwencyjnego dla obliczenia minimalnej wartości zmiennych kosztów EE. Poniżej przedstawiono algorytm ogólny obliczeń minimalnych zmiennych kosztów EE pracy podsystemu elektroenergetycznego dla potrzeb operatywnego kierowania tym podsystemem. Podstawą do rozwiązań jest funkcja celu opisana wzorem (3.18). Funkcji tej nadano pozornie dynamiczny charakter, abstrahując od sekwencji, które wynikają z konieczności jej obliczania dla poszczególnych przedziałów czasu Δt przez rozbicie zadania na szereg zadań cząstkowych, czyli na etapy. Ma to znaczenie wyłącznie formalne, wynika z koncepcji metody rozwiązywania tej klasy zadań zaproponowanej przez Bellmana [4] i rozwiniętej przez Kaufmana [22]. Realizuje się to przez wprowadzenie zmiennych pomocniczych Z_i zdefiniowanych następująco:

$$\begin{aligned} Z_1 &= E_1 \\ Z_2 &= Z_1 + E_2 \\ &\vdots \\ Z_m &= Z_{m-1} + E_m \end{aligned} \qquad (3.19)$$

Z_m oznacza całkowite zapotrzebowanie na EE doprowadzonej do procesów technologicznych w rozpatrywanym przedziale czasu.

Po podstawieniu zależności (3.19) do funkcji celu (3.18) otrzymuje się:

$$K^{ze} = \min\left[k_1^{ze} \cdot Z_1 + k_2^{ze}(Z_2 - Z_1) + \ldots + k_m^{ze}(Z_m - Z_{m-1})\right] \qquad (3.20)$$

Wyznaczenie minimum funkcji (3.20) jest poszukiwaniem minimum kosztów w poszczególnych etapach:

- dla pierwszego:

$$E_1(Z_1) = \min_{D}\left[k_1^{ze} Z_1 + k_2^{ze}(Z_2 - Z_1)\right]$$

przy ograniczeniu:

$$E_1^{min} \leq E_1 \leq E_1^{max}$$

- dla drugiego:

$$F_{1,2}(Z_2) = \min_{D}\left[F_1(Z_1) + k_2^{ze}(Z_2 - Z_1)\right]$$

przy ograniczeniu:

$$0 \leq Z_1 \leq Z_2$$

- dla ostatniego:

$$F_{1,m}(Z_m) = \min_{D}\left[F_{1,m-1}(Z_{m-1}) + k_m^{ze}(Z_m - Z_{m-1})\right]$$

przy ograniczeniu:

$$0 \leq Z_{m-1} \leq Z_m$$

Przy czym $F_{1,2}$; $F_{1,3}$,...,$F_{1,m-1}$ oznaczają minimalne koszty zmienne EE doprowadzonej w przedziałach kosztów, wynikających z podziału zadania na etapy.

Po rozwiązaniu powyższego układu równań rekurencyjnych względem Z, a następnie po podstawieniu E, otrzyma się rozwiązanie optymalne w postaci:

$$K^{ze}_{min} = f(\Delta t, E^*_1, E^*_2, \ldots, E^*_n), \qquad (3.21)$$

gdzie:

E^*_i - minimum kosztów zmiennych EE dla poszczególnych przedziałów czasu Δt.

Przedstawiony ogólny algorytm obliczeń został zaprogramowany na EMC ODRA 1325. Program na EMC ODRA 1325 posłużył dla gospodarki EE podsystemu i jej użytkowania w KWK oraz wyznaczenia wpływu taryf opłat na zużycie EE w zależności od:

- planowanej wielkości wydobycia,
- zróżnicowanych warunków górniczo-geologicznych.

4. ANALIZA STATYSTYCZNA AKTUALNEJ GOSPODARKI ELEKTROENERGETYCZNEJ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

4.1. Podstawy teoretyczne badań statystycznych

Dla uzupełnienia informacji zawartych w sprawozdawczości elektroenergetycznej prowadzonej w górnictwie węglowym wg wzorów ustalonych przez Ministerstwo Górnictwa i Energetyki przeprowadzono badania statystyczne. Celem tych badań było:

- określenie przeciętnych wskaźników dla zbioru kopalń podobnych pod względem wielkości wydobycia,
- ustalenie odchyleń od wartości przeciętnych dla kontroli i oceny jakości gospodarki EE poszczególnych kopalń.

Głównymi statystycznymi wskaźnikami gospodarki EE kopalni [16] są:

- jednostkowe zużycie EE odniesione do tony rocznego wydobycia netto tzn. ilość węgla, która po przejściu całego procesu technologicznego charakteryzuje się taką jakością (czystością i ziarnowością), jaką wymagają jego odbiorcy

$$Z = \frac{A(W)}{W} \ [kWh/t] ,$$

- jednostkowa zainstalowana moc napędów czynnych

$$p = \frac{p_z(W)}{W} \ [kW/t] .$$

Bezpośrednie porównanie wskaźników Z oraz p poszczególnych KWK ze sobą nie ułatwia właściwej oceny gospodarki EE w określonym przedziale czasu. Zarówno Z jak i p są funkcjami wydobycia W dla dostatecznie długiego okresu $\tilde{c}$, który jest przyjmowany constans.
Zatem możliwe jest porównywanie jedynie wskaźników kopalń o zbliżonym wydobyciu. Zależność zużycia EE - A od wydobycia W dla określonego przedziału czasu można wyznaczyć statystycznie, korzystając z równania różniczkowego w postaci:

$$\frac{dA}{A} = r_1 \frac{dW}{W} \qquad (4.1)$$

Przy założeniu, że r_1 = constans otrzymujemy:

$$\ln A = \ln C_1 + r_1 \ln W \tag{4.2}$$

$$\ln A = \ln C_1 \cdot W^{r_1}$$

Stąd:

$$A = C_1 \cdot W^{r_1} \tag{4.3}$$

$$Z = \frac{C_1 \cdot W^{r_1}}{W} = C_1 \cdot W^{r_1 - 1} \tag{4.4}$$

Analogicznie, z równania różniczkowego dla mocy zainstalowanych napędów kopalnianych otrzymuje się p. Z równania

$$\frac{dP_z}{P_z} = r_2 \frac{d\,W}{W} \tag{4.5}$$

otrzymujemy:

$$\ln P_z = \ln C_2 + r_2 \cdot \ln W, \tag{4.6}$$

czyli:

$$\ln P_z = \ln C_2 \cdot W^{r_2}$$

Stąd

$$P_z = C_2 \cdot W^{r_2} \tag{4.7}$$

oraz

$$p = \frac{P_z}{W} = C_2 \cdot W^{r_2 - 1} \tag{4.8}$$

Stałe C_1, C_2 oraz r_1, r_2 z równania dla zależności przeciętnych wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów [9]. Gdy A_i, W_i oznaczają odpowiednio zużycie EE, wielkość wydobycia W poszczególnych kopalń stanowiących zbiór o liczebności N, to:

$$\sum_{i=1}^{N} (\ln A_i - \ln A)^2 = \sum_{i=1}^{N} (\ln A_i - \ln C_1 W_i^{r_1})^2 = \sum_{i=1}^{N} (\Delta \ln A_i)^2$$

Z powyższego równania otrzymuje się:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial (\sum_{i=1}^{N} \Delta \ln A_i)^2}{\partial C_1} = -2 \sum_{i=1}^{N} (\ln A_i - \ln C_1 W_i^{r_1}) \dfrac{W_i^{r_1}}{C_1 W_i^{r_1}} = \\ \qquad = -2 \sum_{i=1}^{N} \dfrac{\ln A_i - \ln C_1 W_i^{r_1}}{C_1} = 0 \\ \dfrac{\partial (\sum_{i=1}^{N} \Delta \ln A_i)^2}{\partial r} = -2 \sum_{i=1}^{N} (\ln A_i - \ln C_1 W_i^{r_1}) \cdot \ln W_i = 0 \end{cases} \tag{4.10}$$

Stąd po przekształceniach otrzymuje się:

$$\begin{cases} C_1 = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} (\ln W_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln A_i - \sum_{i=1}^{N} \ln W_i \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln A_i \cdot \ln W_i}{N \cdot \sum_{i=1}^{N} (\ln W_i)^2 - (\sum_{i=1}^{N} \ln W_i)^2} \\ r_1 = \dfrac{N \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln A_i \cdot \ln W_i - \sum_{i=1}^{N} \ln W_i \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln A_i}{N \cdot \sum_{i=1}^{N} (\ln W_i)^2 - (\sum_{i=1}^{N} \ln W_i)^2} \end{cases} \tag{4.11}$$

W sposób analogiczny można określić stałe C_2 oraz r_2 charakterystyki mocy zainstalowanej $P_z(W)$. Miernik w rownaniach na C_2 oraz r_2 pozostaje taki sam, tj.:

$$D = N \cdot \sum_{i=1}^{N} (\ln W_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} \ln W_i\right)^2$$

W liczniku wzorów na C_2 oraz r_2 występuje $\ln P_i$ w miejsce $\ln A_i$. Zatem:

$$\left.\begin{aligned} C_2 &= \frac{\sum_{i=1}^{N} (\ln W_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln P_i - \sum_{i=1}^{N} \ln W_i \sum_{i=1}^{N} \ln P_i \cdot \ln W_i}{D} \\ r_2 &= \frac{N \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln P_i \cdot \ln W_i - \sum_{i=1}^{N} \ln W_i \cdot \sum_{i=1}^{N} \ln P_i}{D} \end{aligned}\right\} \quad (4.12)$$

Stosunek rocznego zużycia EE do wielkości mocy zainstalowanej można nazwać wskaźnikiem rocznego wykorzystania mocy zainstalowanej w i-tej kopalni

$$u_i = \frac{A_i}{P_{zi}} = \frac{\varrho_i}{P_i} = \int_0^t \frac{k_i}{\eta_{ei}}\, dt \quad (4.13)$$

Ten wskaźnik wykorzystania mocy zainstalowanej w i-tej kopalni jest funkcją współczynnika obciążenia napędów k_i oraz sprawności elektroenergetycznej η_{ei} odniesionej do miejsca pomiaru EE A_i i efektywnego czasu pracy napędów t_i. Wskaźniki przyjmują różne wartości, bowiem poszczególne grupy napędów różnią się przeznaczeniem oraz czasem wykorzystania w procesie produkcyjnym. Znając charakterystyki $A(W)$ i $P_z(W)$ można wyznaczyć wskaźnik rocznego wykorzystania mocy zainstalowanej ze wzoru:

$$u(W) = \frac{C_1 W^{r_1}}{C_2 W^{r_2}} = B \cdot W^{(r_1 - r_2)} \quad (4.14)$$

Jeżeli różnica $r_1 - r_2$ jest mała, tj. wartości r_1 oraz r_2 mało różnią się względem siebie, wówczas:

$$\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} u_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{A_i}{P_{zi}} = u(W) \approx B \quad (4.15)$$

Badania statystycznej oceny gospodarki elektroenergetycznej dokonuje się w grupach odbiorców EE o dużej liczbie napędów przeznaczonych do zadań technologicznych w różnych kopalniach. Badanie indywidualne takiego zespołu napędów jest w warunkach eksploatacyjnych praktycznie niemożliwe. W tym przypadku dokonuje się statystycznej jakościowej oceny EE zespołu napędów, posługując się tzw. wskaźnikiem normalnym wykorzystania mocy zainstalowanej $\tilde{u}$, którego wartość jest bardzo zbliżona do wskaźnika średniego $\bar{u}$,

$$\bar{u} - \Delta u \leqslant \tilde{u} \leqslant \bar{u} + \Delta u,$$

gdzie:

$\langle \bar{u} - \Delta u;\ \bar{u} + \Delta u \rangle$ jest przedziałem ufności dla $\tilde{u}$.

W praktyce przemysłowej mogą wystąpić niżej podane przypadki.

1° Gdy

$$A_1 - A(W_1) > 0 \cap P_{z1} - P_z(W_1) > 0$$

lub

$$A_2 - A(W_2) < 0 \cap P_{z2} - P_z(W_2) < 0$$

a jednocześnie wartości

$$\Delta u_1 = |u_1 - \bar{u}|$$

$$\Delta u_2 = |u_2 - \bar{u}|$$

mieszczą się w granicach ufności dla $\tilde{u}$, wtedy odchylenia A od $A(W)$ nie budzą zastrzeżeń pod względem nieprawidłowości gospodarki elektroenergetycznej. Mogą one wynikać ze specyficznych wymagań technologicznych dla rozpatrywanej grupy w kopalniach 1 i 2.

2° Gdy

$$A_3 - A(W_3) > 0 \cap P_{z3} - P_z(W_3) < 0$$

oraz

$$u_3 - \bar{u} > 0,$$

wtedy należy liczyć się z nadmiarem zużycia EE przez rozpatrywaną kopalnię 3 o wydobyciu W_3.

3° Gdy natomiast

$$A_4 - A(W_4) < 0 \cap P_{z4} - P_z(W_4) > 0$$

oraz

$$u_4 - \bar{u} < 0,$$

wtedy można sądzić, że moc zainstalowana P_{z4} jest nadmierna w kopalni 4 o wydobyciu W_4.

Podany sposób statystycznej oceny stanowi podstawę do podjęcia szczegółowej analizy gospodarki elektroenergetycznej w kopalniach wykazujących przyczyny odstępstw od ustalonych prawidłowości statystycznych [36], [37].

4.2. Opis przeprowadzonych badań

Badania jakościowej oceny gospodarki elektroenergetycznej KWK przeprowadzono w dwóch etapach:

1° etap - obejmował ocenę gospodarki elektroenergetycznej poszczególnych kopalń w ramach całej zbiorowości kopalń,

2° etap - dokonano oceny w grupach kopalń bardziej jednorodnych pod względem wydobycia węgla.

W oparciu o zebrane we wszystkich kopalniach polskiego przemysłu węglowego za lata 1982, 1983 oraz pierwsze półrocze 1984 wielkości:

- rocznego wydobycia węgla,
- mocy zainstalowanej w napędach czynnych,
- zużycia EE

dokonano oceny jakościowej gospodarki elektroenergetycznej poszczególnych kopalń oraz całego przemysłu węglowego. Celem przeprowadzonej analizy było określenie:

A_z - średniego wskaźnika zużycia EE, [kWh/t],

$P_{śr}$ - średniego wskaźnika mocy zainstalowanej w napędach czynnych, [kW/t],

u - rocznego wskaźnika wykorzystania mocy zainstalowanej, [h].

Opierając się na wyżej wyszczególnionych wskaźnikach dokonano oceny jakościowej gospodarki EE poszczególnych KWK według następującego schematu:

Jeżeli oznaczy się przez GE ocenę jakościową gospodarki EE w badanej kopalni, to ocenę jakościową można wyrazić następująco:

$$GE = \begin{cases} 1 - \text{nie budzi zastrzeżeń} \\ 0 - \text{w każdym innym przypadku} \end{cases}$$

Analogicznie dla:

$$A_z; P_{śr} = \begin{cases} 0 - \text{występowanie nadmiaru odpowiednio dla zużycia EE i mocy zainstalowanej} \\ 1 - \text{w każdym innym przypadku.} \end{cases}$$

W praktycznej analizie jakościowej gospodarki EE mogę wystąpić następujące przypadki: (pierwszy czynnik iloczynu logicznego oznacza wskaźnik AZ, drugi $P_{śr}$ - wynik iloczynu GE):

$0 \cap 0 = 0$ - gospodarka EE w badanej kopalni budzi zastrzeżenie ze względu na występienie nadmiaru zużycia EE oraz zainstalowanej mocy napędów czynnych w stosunku do danej wielkości wydobycia węgla,

$0 \cap 1 = 0$ - gospodarka EE budzi zastrzeżenia ze względu na nadmiar zużycia EE w stosunku do danej wielkości wydobycia węgla,

$1 \cap 0 = 0$ - gospodarka EE w badanej kopalni budzi zastrzeżenia ze względu na występowanie nadmiaru w zainstalowanej mocy w stosunku do danej wielkości wydobycia,

$1 \cap 1 = 1$ - gospodarka EE w badanej kopalni nie budzi zastrzeżenia.

W ramach drugiego etapu badań pogrupowano KWK na podzbiory zwane grupami ze względu na wielkość rocznego wydobycia w poszczególnych KWK.

W wyniku grupowania osiągnięto podział próby wydobycia węgla na grupy bardziej jednorodne. W tym celu:

- ustalono obszar zmienności badanej cechy - wydobycie roczne węgla,
- podzielono obszar zmienności na klasy oraz ustalono końce przedziałów klasowych,
- określono liczebność każdej grupy.

Do określenia liczby przedziałów klasowych m o liczebności n wykorzystano zasady matematyki statystycznej, mianowicie:

1° liczba przedziałów klasowych powinna spełniać nierówność [6]

$$0{,}5\sqrt{n} \leq m \leq \sqrt{n}$$

2° wg Hunsbergera [48]

$$m = 1 + 3{,}3 \lg n$$

3° wg de Brooksa i Carruthera [50],

$$m < 5 \lg n$$

Ocenę jakościową gospodarki EE ujęto w odpowiednie tablice, w których podano:

- wskaźniki charakterystyczne dla całej zbiorowości (grupy, całe populacje),
- informacje szczegółowe,
- informacje syntetyczne.

Taki układ tablic wynikowych pozwolił na uchwycenie charakterystycznych relacji występujących między analizowanymi wskaźnikami.

4.3. Omówienie i przedstawienie wybranych wyników badań

W ramach 1° etapu badań wykonano obliczenia pozwalające dokonać oceny jakościowej gospodarki EE w poszczególnych KWK za lata 1982, 1983 oraz pierwsze półrocze 1984. Ponieważ otrzymane wyniki obliczeń są zbieżne, w załączonych tablicach przedstawiono ocenę gospodarki elektroenergetycznej za 1983 r.

Tablica 4.1 obejmuje ocenę jakościową gospodarki elektroenergetycznej poszczególnych kopalń, których nazwy zastąpiono kodami (patrz przypis 1). Szczególnie analiza części 3 ww. tablicy wykazuje, że jedynie w przypadku owóch kopalń gospodarka elektroenergetyczna nie budzi specjalnych zastrzeżeń. Przeprowadzona ocena gospodarki elektroenergetycznej przedstawiona w tablicy 4.1, powszechnie stosowana w przemyśle węglowym, budzi poważne zastrzeżenia także ze względu na niejednorodność statystyczną próby, tj. rocznego wydobycia węgla.

Próba ta, o liczebności n = 66, charakteryzuje się następującymi wielkościami ze względu na roczne wydobycie węgla:

- średnią	$2{,}782 \cdot 10^6$
- wariancję	$2{,}084 \cdot 10^{12}$
- odchyleniem standardowym	$1{,}443 \cdot 10^6$
- rozstępem	$7{,}143 \cdot 10^6$
- maksymalnym odchyleniem od wartości średniej	173,96%

Stąd dla uzyskania bardziej jednorodnych grup w ramach danej próby podzielono cały zbiór na 5 grup, każda o liczebności odpowiednio 12, 21, 14, 13, 6, ze względu na roczne wydobycie węgla.

Wielkość rocznego wydobycia węgla jest często przyjmowana w badaniach struktur organizacyjnych górnictwa jako miara wielkości KWK. Stąd ilość grup oraz przyporządkowanie poszczególnych kopalń do danej grupy można interpretować jako podział ze względu na wielkość KWK.

W tablicach 4.2 do 4.6 przedstawiono ocenę jakościową poszczególnych kopalń w ramach wydzielonych grup. Warto zauważyć, że pozytywna ocena gospodarki elektroenergetycznej kopalń 1213 i 1601 nie znalazła potwierdzenia w odniesieniu do poszczególnych grup.

Tablica 4.1

Ocena jakościowa gospodarki energią elektryczną kopalń węgla kamiennego - przemysłu węglowego

1. Wskaźniki charakterystyczne dla całego przemysłu węglowego:
   - średni wskaźnik zużycia EE = 33,95 kWh/t
   - średni wskaźnik zainstalowanej mocy napędów = 0,0334 kW/t
   - średni wskaźnik wykorzystania mocy dla danej grupy = 1062 h

2. Informacje szczegółowe

Kody kopalń węgla[x)]	Ocena gospodarki EE GE.	Ocena średnich wskaźników jednostkowych	
		A_z	$P_{śr}$
1101, 1105, 1106, 1109, 1114, 1201, 1202, 1207, 1210, 1212, 1214, 1231, 1311, 1313, 1314, 1316, 1318, 1322, 1327, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1417, 1425, 1426, 1512, 1513, 1521, 1522, 1523, 1524, 1526, 1602, 1604, 1605, 1606, 1607, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1701, 1702, 1703, 1705	0	0	0
1107, 1108, 1112, 1131, 1211, 1312, 1315, 1317, 1419	0	0	1
1204, 1209, 1418, 1427, 1527, 1609	0	1	0
1213, 1601	1	1	1

3. Informacje syntetyczne

Liczebność grupy KWK	Przypadki szczególne $A_z \cap P_{śr} = GE$	Suma	
		ilość	%
66	0 ∩ 0 = 0	49	74,24
	0 ∩ 1 = 0	9	13,64
	1 ∩ 0 = 0	6	9,09
	1 ∩ 1 = 1	2	3,03

x) Nazwy poszczególnych kopalń węgla zastąpiono odpowiednimi kodami.

Tablica 4.2

Ocena gospodarki energią elektryczną kopalń węgla kamiennego
grupa I

1. Wskaźniki charakterystyczne dla całej grupy I:
   - średni wskaźnik zużycia EE dla badanej grupy = 63,056 kWh/t
   - średni wskaźnik zainstalowanej mocy napędów w badanej grupie = 0,06213 kW/t
   - średni wskaźnik wykorzystanie mocy dla danej grupy = 1009,814 h

2. Informacje szczegółowe

Kody kopalń węgla	Ocena gospodarki EE GE	Ocena średnich wskaźników jednostkowych	
		A_z	$P_{śr}$
1108	0	0	1
1202, 1322, 1417, 1426, 1524, 1605, 1615, 1701, 1702, 1703, 1705	0	0	0

3. Informacje syntetyczne dla grupy I

Liczebność grupy kopalń węgla	Przypadki szczególne $A_z \cap P_{śr} = GE$	Suma	
		ilość	%
12	$0 \cap 0 = 0$	11	91,67
	$0 \cap 1 = 0$	1	8,33
	$1 \cap 0 = 0$	-	-
	$1 \cap 1 = 1$	-	-

Zbiorcze zestawienie wskaźników oceny przedstawiono w tablicy 4.7. Analiza zestawionych wielkości wskaźników w tablicy 4.7 pozwala stwierdzić, że:

a) wraz ze wzrostem wydobycia rocznego węgla:
   - maleje średni wskaźnik zużycia EE,
   - maleje średni wskaźnik mocy zainstalowanej,
   - rośnie średni wskaźnik wykorzystanej mocy zainstalowanej,

b) wraz ze wzrostem wydobycia:
   - zmniejsza się przedział analizowanych wskaźników (największa długość występuje dla grupy I, najmniejsze dla grupy V).

Powyższe stwierdzenie pozwala przypuszczać, że na zużycie EE w KWK mają wpływ także inne czynniki poza wyszczególnionymi na tym etapie badań.

Tablica 4.3

Ocena gospodarki energią elektryczną kopalń węgla kamiennego
grupa II

1. Wskaźniki charakterystyczne dla całej grupy II
   - średni wskaźnik zużycia EE dla badanej grupy = 30,846 kWh/t
   - średni wskaźnik zainstalowanej mocy napędów w badanej grupie = 0,03252 kW/t
   - średni wskaźnik wykorzystania mocy dla danej grupy = 1008,618 h

2. Informacje szczegółowe

Kody kopalń węgla	Ocena gospodarki EE GE	Ocena średnich wskaźników jednostkowych	
		A_z	$P_{śr}$
1201, 1204, 1207, 1210, 1231, 1327, 1415, 1512, 1513, 1602, 1604, 1606	0	0	0
1211, 1315, 1316, 1414	0	0	1
1411, 1418, 1609	0	1	0
1311, 1413	1	1	1

3. Informacje syntetyczne dla grupy II

Liczebność grupy kopalń węgla	Przypadki szczególne $A_z \cap P_{śr} = GE$	Suma	
		ilość	
21	$0 \cap 0 = 0$	12	57,14
	$0 \cap 1 = 0$	4	19,05
	$1 \cap 0 = 0$	3	14,29
	$1 \cap 1 = 1$	2	9,52

Tablice 4.4

Ocena gospodarki energię elektryczną kopalń węgla kamiennego
grupa III

1. Wskaźniki charakterystyczne dla całej grupy III

- średni wskaźnik zużycia EE dla badanej grupy = 27,425 kWh/t
- średni wskaźnik zainstalowanej mocy napędów w badanej grupie = 0,02751 kWh/t
- średni wskaźnik wykorzystania mocy dla danej grupy = 1031 h

2. Informacje szczegółowe

Kody kopalń węgla	Ocena gospodarki EE GE	Ocena średnich wskaźników jednostkowych	
		A_z	$P_{śr}$
1106, 1109, 1214, 1313, 1412, 1425, 1601, 1610, 1611, 1612, 1613	0	0	0
1131	0	0	1
1314	0	1	0
1614	1	1	1

3. Informacje syntetyczne dla grupy III

Liczebność grupy kopalń węgla	Przypadki szczególne $A_z \cap P_{śr} = GE$	Suma	
		ilość	%
14	$0 \cap 0 = 0$	11	78,57
	$0 \cap 1 = 0$	1	7,14
	$1 \cap 0 = 0$	1	7,14
	$1 \cap 1 = 1$	1	7,14

Tablica 4.5

Ocena gospodarki energię elektryczną kopalń węgla kamiennego
grupa IV

1. Wskaźniki charakterystyczne dla całej grupy IV

- średni wskaźnik zużycia EE dla badanej grupy = 23,755 kWh/t
- średni wskaźnik zainstalowanej mocy napędów w badanej grupie = 0,02089 kW/t
- średni wskaźnik wykorzystania mocy dla danej grupy = 1168,106 h

cd. tablicy 4.5

2. Informacje szczegółowe

Kody kopalń węgla	Ocena gospodarki EE GE	Ocena średnich wskaźników jednostkowych	
		A_z	$P_{śr}$
1105, 1212, 1213, 1523, 1526	0	0	0
1107, 1312, 1317, 1419	0	0	1
1209, 1527	0	1	0
1522, 1607	1	1	1

3. Informacje syntetyczne dla grupy IV

Liczebność grupy kopalń węgla	Przypadki szczególne $A_z \cap P_{śr} = GE$	Suma	
		ilość	%
13	$0 \cap 0 = 0$	5	38,46
	$0 \cap 1 = 0$	4	30,77
	$1 \cap 0 = 0$	2	15,38
	$1 \cap 1 = 1$	2	15,38

Tablica 4.6

Ocena gospodarki energię elektryczną kopalń węgla kamiennego
grupa V

1. Wskaźniki charakterystyczne dla całej grupy V:

- średni wskaźnik zużycia EE dla badanej grupy = 24,433 kWh/t
- średni wskaźnik zainstalowanej mocy napędów w badanej grupie = 0,02046 kW/t
- średni wskaźnik wykorzystania mocy dla danej grupy = 1200,469 h

2. Informacje szczegółowe

Kody kopalń węgla	Ocena gospodarki EE GE	Ocena średnich wskaźników jednostkowych	
		A_z	$P_{śr}$
1114, 1427, 1521	0	0	0
1101, 1112, 1318	1	1	1

cd. tablicy 4.6

3. Informacje syntetyczne

Liczebność grupy kopalń węgla	Przypadki szczególne $A_z \cap P_{sr} = GE$	Suma	
		ilość	%
6	0 ∩ 0 = 0	3	50
	0 ∩ 1 = 0	0	-
	1 ∩ 0 = 0	0	-
	1 ∩ 1 = 1	3	50

4.4. Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań

Przeprowadzone badania w zakresie oceny gospodarki EE w KWK w oparciu o współzależności między wielkościami rocznego wydobycia węgla, mocą zainstalowaną oraz zużyciem EE wykazały, że:

- ocena jakościowa gospodarowania EE w poszczególnych grupach utworzonych z podziału kopalń na grupy ze względu na wielkości rocznego wydobycia węgla jest bardziej obiektywna od oceny dokonywanej w ramach całego przemysłu węglowego,
- w odniesieniu do grup KWK ze względu na wydobycie wraz ze wzrostem rocznego wydobycia węgla maleje średni wskaźnik zużycia EE oraz średni wskaźnik mocy zainstalowanej, rośnie wskaźnik wykorzystania zainstalowanej mocy (patrz tablica 4.7).

Przeprowadzona jakościowa ocena gospodarki EE przedstawioną metodą w oparciu o wielkość wydobycia węgla, zużycia EE, mocy zainstalowanej należy traktować jako ocenę wstępną. Stanowi ona etap wyjściowy do dalszych szczegółowych badań w zakresie racjonalizacji gospodarki EE w KWK.

Tablica 4.7

Charakterystyka zużycia energii elektrycznej w grupach KWK ze względu na wydobycie

Oznaczenie grupy	Liczebność grupy	Przedział rocznego wydobycia w tys. [t]	Średni wskaźnik zużycia energii elektrycznej [kWh/t]		Średni wskaźnik mocy zainstalowanej [kW/t]		Średnik wskaźnik wykorzystania mocy [h]	
			min;	max;	min;	max;	min;	max;
I	12	477,98 - 1444,15	63,056 30,532	114,910	0,06213 0,0314	0,1213	1009,814 736,6	1448,9
II	21	1706,38 - 2483,68	30,846 17,756	46,361	0,03252 0,0193	0,0654	1008,618 477,8	1488,4
III	14	2533,1 - 3348,13	27,425 14,484	38,011	0,02751 0,0168	0,0426	1031,916 836,2	1531,9
IV	13	3714,2 - 4534,04	23,755 18,036	30,302	0,02089 0,0161	0,0271	1168,106 733,2	1572,2
V	6	4619,49 - 7621,03	24,433 18,814	32,239	0,02046 0,0157	0,0264	1200,469 1039,1	1420,3

5. WPŁYW KOSZTÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA JEJ ZUŻYCIE W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

5.1. Koszty energii a zużycie energii elektrycznej

Analizując strukturę kosztów własnych wydobycia węgla dla całego przemysłu węglowego (patrz tablica 5.1) można stwierdzić, że koszty EE w całkowitym koszcie jednostkowym wynoszą 2,953%, zaś do technicznego kosztu wytwarzania wynoszą 4.191%. Wiadomo, że całkowity koszt własny wydobycia węgla jest sumą technicznego kosztu wytwarzania oraz kosztów:

- szkód górniczych,
- zużycia własnego węgla,
- ogólnozakładowych,
- ekspedycji,
- kosztów sprzedaży.

Zatem logiczne jest, aby dla KWK koszty EE odnosić do technicznych kosztów wytwarzania. Wskaźnik ten bardziej wiarygodnie oddaje udział kosztów EE zużywanej na wydobycie jednostkowej ilości węgla.

Podstawę grupowania KWK w gwarectwa jest kryterium terytorialnego oraz równego podziału zadań produkcyjnych.

W tablicy 5.2 przedstawiono w układzie poszczególnych gwarectw zależności pomiędzy technicznym kosztem wytworzenia, całkowitym kosztem własnym wydobycia węgla a udziałem kosztów EE w kosztach technicznych wytworzenia - k_1 i w całkowitych kosztach węgla - k_2. Trudno doszukać się bezpośredniej zależności pomiędzy wielkością produkcji a zużyciem EE.

Brak również bezpośredniej zależności pomiędzy zużyciem EE a jej udziałem w kosztach wytwarzania lub w całkowitym koszcie własnym. Potwierdzenie wyżej podanego stwierdzenie znaleźć można w tablicy 5.3, zawierającej charakterystyczne wielkości dla wszystkich KWK. Wyszczególnione kody kopalń oznaczają (patrz przypis nr 1) dane KWK. W zestawieniu tym warto zwrócić uwagę na relację między wskaźnikiem rocznego wykorzystania mocy zainstalowanej u_i [h] a udziałem procentowym kosztów EE w kosztach technicznych wytwarzania węgla k_1. Relacje ta nie potwierdza wpływu kosztów EE na jej zużycie. Niezależność wpływu kosztów EE na jej zużycie naocznie wskazują tablice 5.4 oraz 5.5.

Tablica 5.4 przedstawia podział kopalń na grupy bardziej jednorodne ze względu na udział kosztów EE w koszcie technicznym wytwarzania. Wielkości charakterystyki szeregu rozdzielczego w tablicy 5.4 są następujące:

- średnia - 3.327
- wariancja - 1.130
- odchylenie standardowe - 1.063
- minimum - 1.800
- maximum - 6.242
- rozstęp - 4.442
- maksymalne odchylenie wartości średniej - 87,62%
- podział na klasy w ilości - 6.

Wielkości charakteryzujące szereg rozdzielczy (tablica 5.5) dla KWK ze względu na wskaźnik zużycia EE przedstawiają się następująco:

- średnia - 33.997
- wariancja - 366.690
- odchylenie standardowe - 19.149
- minimum - 14.484
- maximum - 114.910
- rozstęp - 100.426
- maksymalne odchylenie od wartości średniej - 238.50%
- liczebność klas wynikające z podziału - 4.

Aby uzyskać pełniejszy obraz zależności wpływu kosztów EE na jej zużycie a tym samym taryfy opłat na zużycie, trzeba przeanalizować zagadnienie stosowania rachunku wyrównawczego cen wewnętrznych na węgiel i brykiety z węgla. Zasady rachunku wyrównawczego cen wewnętrznych na węgiel i brykiety z węgla reguluje zarządzenie Nr 3 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 20.02.1984 r. oraz zarządzenie Nr 15 z dnia 27.07.1984 r. dla wszystkich KWK.

Rachunek ten prowadzi Centrala Zbytu Węgla. Kopalnie za węgiel i brykiety z węgla sprzedane Centrali Zbytu Węgla otrzymują z rachunku wyrównawczego cen wewnętrznych należność obliczoną według cen wewnętrznych. Dla każdej KWK Minister Górnictwa i Energetyki ustala ceny wewnętrzne na węgiel na wniosek dyrektorów departamentu planowania oraz departamentu ekonomiki i finansów. Podstawę do ustalenia ceny wewnętrznej stanowi planowany roczny koszt własny sprzedaży węgla powiększony o narzut zysku.

W kopalniach głębinowych cenę wewnętrzną ustala się w zł/t według następującego wzoru:

$$C_w = \frac{K_r^{pl}(1+Z)}{W_r^{pl}},$$

gdzie:

K_r^{pl} - planowany roczny koszt własny sprzedaży węgla,

Z - narzut zysku,

W_r^{pl} - planowana roczna ilość sprzedaży węgla.

Tablica 5.1

Struktura kosztów przemysłu węglowego
opracowana w oparciu o sprawozdanie wykonania kosztów za 1983 r.
(W-KS-8)

Lp.	Wyszczególnienie	zł/t	%		
			k_1	k_2	k_3
1	Robocizna i wynagrodzenie dozoru	1.117,14	50,228	39,276	35,393
2	Materiały i zużycie wyrobów własnych	477,88	21,486	16,80	15,140
3	Energia	93,21	4,191	3,277	2,953
4	Przeróbka mechaniczna	19,12	0,860	0,672	0,606
5	Usługi: w tym wiertniczo-górnicze, wynajem maszyn, transportu i inne	295,68	13,294	10,395	9,368
6	Amortyzacja	110,94	4,988	3,900	3,515
7	Remonty	110,14	4,952	3,872	3,489
	Techniczny koszt wytwarzania	2.224,11	100,00	78,193	70,464
8	Szkody górnicze	87,83	-	3,088	2,783
9	Zużycie własne węgla	10,54	-	0,370	0,334
10	Koszty ogólnozakładowe	483,50	-	16,998	15,318
11	Koszty ekspedycji	43,22	-	1,519	1,369
	Koszty wytwarzania	2.844,39	-	100,00	90,116
12	Koszty sprzedaży	311,97	-	-	9,884
	Całkowity koszt własny	3.156,36	-	-	100,00

k_1 - udział kosztów EE w technicznym koszcie wytwarzania obejmującym pozycje od 1 do 7

k_2 - udział kosztów EE w koszcie wytwarzania obejmującym pozycje od 1 do 11

k_3 - udział kosztów EE w całkowitym koszcie własnym obejmującym pozycje od 1 do 12

Dla poszczególnych KWK ustala się różnice wyrównawcze cen odrębnie na każde paliwo, tj. węgiel kamienny oraz brykiety z węgla.

Przez różnicę wyrównawczą cen rozumie się różnicę między planowaną średniroczną ceną zbytu a ceną wewnętrzną. Jeżeli cena wewnętrzna jest wyższa od planowanej ceny zbytu, wówczas różnica wyrównawcza cen określana jest jako ujemna, natomiast w przypadku przeciwnym - jako dodatnia. Należność w cenach wewnętrznych ustala się w wysokości stanowiącej wartość sprzedaży węgla w cenach zbytu, skorygowaną w kwotę odpowiadającą iloczynowi ilości sprzedanego węgla i różnicy wyrównawczej cen. Korekty

dokonuje się przez powiększenie wartości sprzedaży węgla w cenach zbytu w przypadku, gdy różnica wyrównawcza cen jest ujemna lub pomniejszenie wartości sprzedaży węgla w cenach zbytu w przypadku, gdy różnica wyrównawcza cen jest dodatnia.

Tablica 5.2

Udział kosztów EE w technicznym koszcie wytworzenia
oraz całkowitym koszcie własnym wydobycia węgla

Gwarectwo	Techniczny koszt wytworzenia [zł/t]	Całkowity koszt własny [zł/t]	Koszt EE [zł/t]	k_1 [%]	k_3 [%]
Jaworznicko-Mikołowskie	1666,47	2088,41	59,75	3,585	2,861
Dąbrowskie	2029,19	2717,76	84,19	4,149	3,086
Katowickie	1800,49	2379,91	66,66	3,703	2,802
Bytomskie	2094,68	2728,33	74,55	3,559	2,732
Zabrzańskie	2530,48	3157,71	88,77	3,508	2,811
Rybnickie	2796,60	3490,84	148,01	5,292	4,240
Dolnośląskie	6494,21	8554,74	463,05	7,130	5,413
Lubelskie	11908,95	16296,09	301,13	2,529	1,848

Tablica 5.3

Charakterystyczne wskaźniki gospodarki elektroenergetycznej KWK
oraz udział kosztów EE w koszcie technicznym wytworzenia

Kod kopalni	A_z [kWh/t]	$P_{śr}$ [kW/t]	P_k [h]	k_1 [%]
1	2	3	4	5
1101	32.239	0.0264	1221.18	3.101
1105	23.940	0.0187	1281.53	2.445
1106	21.005	0.0168	1246.91	1.800
1107	29.108	0.0198	1469.26	4.081
1108	45.517	0.0314	1448.89	5.258
1109	20.551	0.0187	1099.57	2.345
1112	18.814	0.0157	1196.01	1.947
1114	25.403	0.0179	1420.27	2.714
1131	30.214	0.0197	1531.92	3.413

cd. tablicy 5.3

1	2	3	4	5
1201	17.756	0.0305	581.68	5.049
1202	33.490	0.0449	746.49	3.804
1204	31.322	0.0398	788.67	3.813
1207	27.339	0.0301	907.73	3.106
1209	21.309	0.0271	787.04	2.718
1210	24.612	0.0254	969.87	3.074
1211	35.488	0.0238	1488.44	2.771
1212	24.827	0.0260	954.82	3.508
1213	18.036	0.0169	1064.89	2.813
1214	14.484	0.0173	836.16	1.906
1231	30,510	0.0265	1151.83	2.599
1311	25.074	0.0255	1082.59	2.555
1312	26.705	0.0197	1357.15	3.300
1313	23.385	0.0199	1175.94	2.297
1314	22.160	0.0250	886.64	2.677
1315	39.645	0.0270	1470.71	3.606
1316	30.987	0.0209	1485.24	2.383
1317	25.294	0.0161	1572.17	1.864
1318	21.397	0.0177	1211.09	2.628
1322	30.532	0.0414	736.60	3.581
1327	25.225	0.0331	761.66	4.808
1411	29.261	0.0338	866.12	2.485
1412	19.109	0.0174	1101.43	2.206
1413	33.753	0.0332	1015.89	3.136
1414	30.531	0.0245	1245.31	2.791
1415	26.331	0.0289	909.38	3.008
1417	48.814	0.0526	928.11	2.208
1418	25.773	0.0382	675.19	2.924
1419	30.302	0.0198	1527.17	3.119
1425	26.191	0.0277	946.03	2.762
1426	55.153	0.0618	892.73	2.396
1427	20.731	0.0199	1039.15	2.537
1512	46.361	0.0654	708.62	2.059
1513	40.815	0.0367	1110.76	3.149
1521	28.017	0.0251	1115.11	3.748
1522	24.780	0.0210	1179.77	2.527
1523	19.044	0.0182	1048.58	2.346
1524	71.618	0.0593	1208.69	3.149
1526	26.836	0.0256	1048.89	2.752
1527	18.943	0.0258	733.23	2.236

cd. tablicy 5.3

1	2	3	4	5
1601	32.773	0.0309	1062.05	4.865
1602	37.299	0.0334	1115.34	3.562
1604	38.870	0.0341	1139.33	3.852
1605	38.308	0.0409	935.60	3.817
1606	25.666	0.0193	1328.83	4.271
1607	19.698	0.0170	1160.87	3.333
1609	25.144	0.0526	477.80	4.257
1610	34.412	0.0397	866.84	4.762
1611	33.115	0.0365	906.88	5.990
1612	34.294	0.0397	864.29	4.818
1613	38.011	0.0426	893.13	4.014
1614	34.243	0.0333	1029.02	3.537
1615	38.725	0.0449	861.57	3.272
1701	95.496	0.0854	1117.78	6.134
1702	101.273	0.0926	1093.86	6.242
1703	114.910	0.1213	947.45	5.585
1705	82.835	0.0690	1199.93	3.770

Tablica 5.4

Podział kopalń węgla ze względu na wartość wskaźnika k_1

Oznaczenie grupy	Liczebność grupy	Kody kopalń węgla oraz wielkość wskaźnika k_1 [%] (stosunek kosztów EE do technicznych kosztów wytwarzania)			
I	13	1106 - 1,800; 1512 - 2,059; 1313 - 2,297; 1426 - 2,396;	1317 - 1,864; 1412 - 2,206; 1109 - 2,346;	1214 - 1,906; 1417 - 2,208; 1523 - 2,346;	1112 - 1,947; 1527 - 2,236; 1316 - 2,383;
II	17	1105 - 2,445; 1311 - 2,555; 1114 - 2,714; 1211 - 2,771; 1415 - 3,008;	1411 - 2,485; 1231 - 2,599; 1209 - 2,718; 1414 - 2,791;	1522 - 2,527; 1318 - 2,628; 1526 - 2,752; 1213 - 2,815;	1427 - 2,537; 1314 - 2,677; 1425 - 2,762; 1418 - 2,924;
III	16	1210 - 3,074; 1413 - 3,136; 1312 - 3,300; 1614 - 3,537;	1101 - 3,101; 1524 - 3,149; 1607 - 3,333; 1602 - 3,562;	1207 - 3,106; 1513 - 3,149; 1131 - 3,413; 1322 - 3,581;	1419 - 3,119; 1615 - 3,272; 1212 - 3,508; 1315 - 3,606;
IV	10	1521 - 3,748; 1605 - 3,817; 1609 - 4,257;	1705 - 3,770; 1604 - 3,852; 1606 - 4,271;	1202 - 3,804; 1613 - 4,014;	1204 - 3,813; 1107 - 4,081;
V	4	1610 - 4,762;	1327 - 4,803;	1612 - 4,818;	1601 - 4,865;
VI	6	1201 - 5,049; 1701 - 6,134;	1108 - 5,258; 1702 - 6,242;	1703 - 5,585;	1611 - 5,990;

Tablica 5.5

Szereg rozdzielczy KWK ze względu na wartość wskaźnika zużycia EE

Grupa	Liczebność grupy	Kod kopalni węgla - wskaźnik zużycia EE w [kWh/t]			
A	32	1214 - 14,484;	1201 - 17,756;	1213 - 18,036;	1112 - 18,814;
		1527 - 18,943;	1523 - 19.044;	1412 - 19,109;	1607 - 19,698;
		1109 - 20,551;	1427 - 20,731;	1106 - 21,005;	1209 - 21,309;
		1318 - 21,397;	1314 - 22,160;	1313 - 23,385;	1105 - 23,940;
		1210 - 24,612;	1522 - 24,780;	1212 - 24,827;	1311 - 25,074;
		1609 - 25,144;	1327 - 25,225;	1317 - 25,294;	1114 - 25,403;
		1606 - 25,666;	1418 - 25,773;	1425 - 26,191;	1415 - 26,331;
		1312 - 26,705;	1526 - 26,836;	1207 - 27,339;	1521 - 28,017;
B	25	1107 - 29,108;	1411 - 29,261;	1131 - 30,214;	1419 - 30,302;
		1231 - 30,510;	1414 - 30,531;	1322 - 30,532;	1316 - 30,987;
		1204 - 31,322;	1101 - 32,239;	1601 - 32,773;	1611 - 33,115;
		1202 - 33,490;	1413 - 33,753;	1614 - 34,243;	1612 - 34,294;
		1610 - 34,412;	1211 - 35,486;	1602 - 37,299;	1613 - 38,011;
		1605 - 38,308;	1615 - 38,725;	1604 - 38,870;	1315 - 39,645;
		1513 - 40,815;			
C	4	1108 - 45,517;	1512 - 46,361;	1417 - 48,814;	1426 - 55,153;
D	5	1524 - 71,618;	1705 - 82,835;	1701 - 95,496;	1702 -101,273;
		1703 -114,910;			

Tablica 5.6

Procentowy udział kosztów zmiennych EE w kosztach EE odniesionych do technicznych kosztów wytwarzania

Grupy kopalń	Strefa szczytowa					
	Ranna			Wieczorna		
	R_1	R_2	W_1	W_2	W_3	W_4
A	1,23	1,83	0,97	1,08	1,11	1,17
B	0,98	1,13	1,04	1,10	0,98	1,15
C	1,15	1,18	1,20	1,05	1,23	0,96
D	1,35	1,27	0,98	1,17	1,09	1,20

Objaśnienia:

R_1 - 7h - 10h (miesiące: I, II, XI, XII)
R_2 - 8h - 11h (miesiące: III, IV, IX, X)
W_1 - 16h - 21h (miesiące: I, II, XI, XII)
W_2 - 18h - 21h (miesiące: III, X)
W_3 - 19h - 21h (miesiące: IV, IX)
W_4 - 20h - 21h (miesiące: V, VII)

Aby zbadać wpływ opłat za przekroczenie mocy umownej opłaty za EE szczytową, ujętych w taryfie w różnych strefach szczytowych, na koszty EE w KWK wykonano obliczenia zmodyfikowanym algorytmem Bellmana-Kaufmana opisanym w punkcie 3.3. Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 5.6. Z analizy tablicy wynika, że udział wyżej wymienionych opłat w kosztach EE do technicznych kosztów wytwarzania jest niski. Świadczy to o małej skuteczności taryfy opłat za zużycie EE, a tym samym na zmniejszenie zużycie EE.

5.2. Analiza krzywej dobowego poboru mocy w KWK

Obok rozpatrywania czynników wpływających na zużycie EE w KWK celowe jest rozpatrzenie poboru mocy z sieci przez poszczególne grupy odbiorników, mianowicie:

- maszyny wyciągowe główne,
- sprężarki,
- pompy głównego odwadniania,
- wentylatory główne,
- sortownie i płuczki,
- pozostałe odbiory w kopalni.

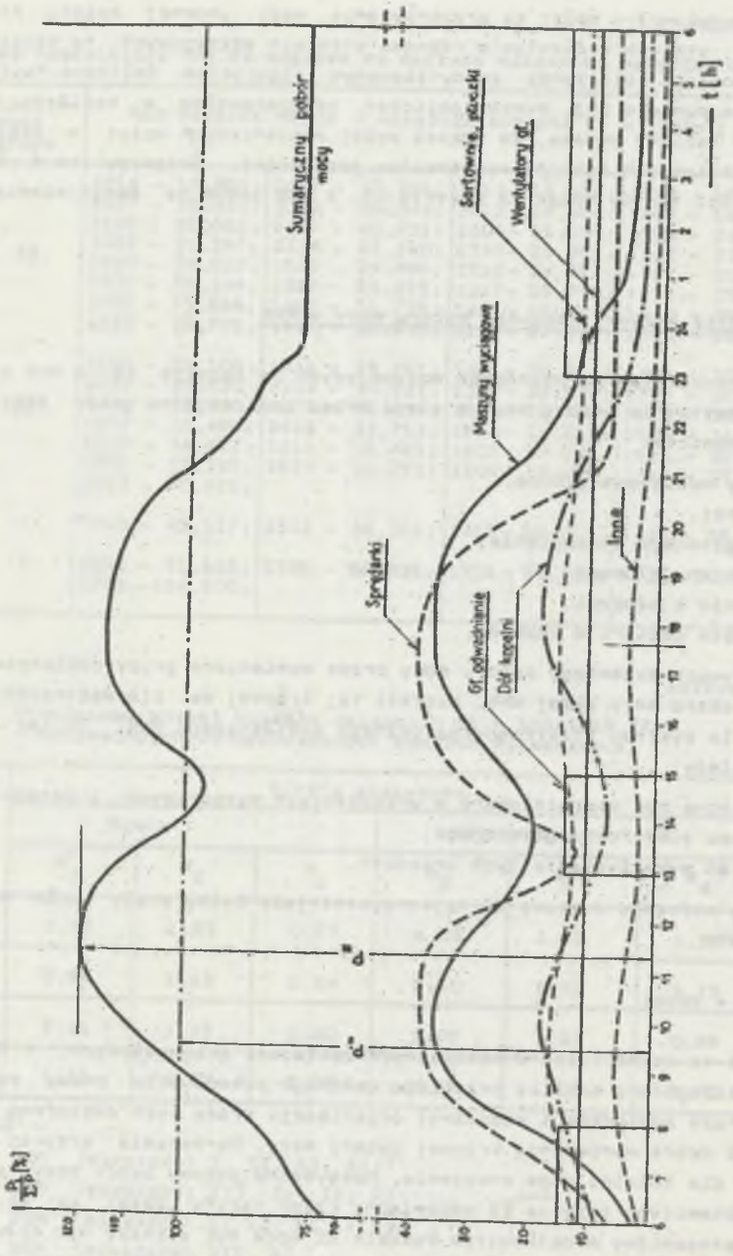
Suma krzywych dziennego poboru mocy przez wymienione grupy odbiorców daje krzywę poboru mocy całej KWK. Kształt tej krzywej ma pierwszorzędne znaczenie dla systemu elektroenergetycznego zasilającego KWK. Od jej przebiegu zależy:

a) potrzebna moc zainstalowana w urządzeniach wytwórczych i przesyłowych systemu elektroenergetycznego,
b) stopień wykorzystania tych urządzeń.

punktu widzenia dostawy EE najkorzystniejszy byłby stały pobór mocy w ciągu doby

$$P = const$$

Osiągnąć to można tylko w nielicznych zakładach przemysłowych. W KWK poprzez szczegółową analizę przebiegu dobowego poboru mocy przez poszczególne grupy odbiorców i właściwej organizacji pracy tych odbiorców można osiągnąć dobre wyrównanie krzywej poboru mocy. Wyrównanie krzywej poboru mocy ma dla kopalni duże znaczenie. Maksymalny dobowy pobór mocy stanowi obok całkowitego zużycia EE odpowiedni człon taryfy opłat za EE. Jego udział procentowy w całkowitym koszcie EE może być większy niż opłaty za samą EE. Na rys. 5.1 przedstawiono przebieg krzywej poboru mocy czynnej przez kopalnię z podziałem na główne grupy odbiorców.



Rys. 5.1. Wykres poboru mocy czynnej przez kopalnie węgla kamiennego
Fig. 5.1. Diagram of real power consumption by coal mines

Wykresy otrzymano z pomiarów wykonanych w 10 KWK w przedziałach czasowych co 30 min, z uwzględnieniem interpolacji kwadratowej.

Przebieg przedstawionej krzywej jest typowy dla 98% całej populacji kopalń. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że

a) stosunek $\frac{P_d}{P_{sz}}$ - średniego dobowego poboru mocy do maksymalnego w ciągu doby roboczej w skali całego przemysłu węgla kamiennego - wynosi średnio od 0,80 do 0,85 w dni robocze, zaś dla KWK od 0,75 - 0,95,

b) związana ze stosunkiem $\frac{P_d}{P_{sz}}$ i wynikająca z niego dobowa i roczna ilość godzin użytkowania mocy szczytowej

$$T_{sz} = \frac{A_d}{P_{ds}}; \qquad T_{szr} = \frac{A_r}{P_{rs}},$$

gdzie:

A_d, A_r - odpowiednio dobowe i roczne zużycie EE przez całą kopalnię wynosi:

- dla przemysłu węglowego:

  $T_{sz} \in (18\text{-}20)$ godzin,

  $T_{szr} \in (5200\text{-}6000)$ godzin,

- dla kopalń węgla T_{sz} oraz T_{szr} zawarte są w granicach jak dla całego przemysłu węgla kamiennego.

5.3. Taryfy opłat za energię elektryczną

Stosowana obecnie taryfa opłat za EE pobierana przez zakłady przemysłowe w tym i KWK (cennik nr 7-Z/84 - Energia elektryczna SWW 0311) obowiązuje od 1 lipca 1984 r. [11]. Taryfa opłat jest zasadniczo taryfę dwuczłonową.

Koszt EE wg tej taryfy oblicza się ze wzoru:

$$K_e = C_m \cdot P_{sz} + C_e \cdot A_o, \tag{5.1}$$

gdzie:

C_m - opłata jednostkowa zł/kW i miesiąc za zgłoszony maksymalny pobór mocy (15-minutowy szczyt) P_{sz} w poszczególnych miesiącach okresu objętego umową o dostawę EE,

C_e - cena jednej kilowatogodziny zł/kWh,

A_o - zużyta ilość EE w kWh przez KWK.

Z konstrukcji taryfy opłat wynika, jak ważnym zagadnieniem dla kopalni jest należyte zaplanowanie poboru EE. Za przekroczenie zamówionego poboru mocy nakładane są wyższe opłaty rosnące progresywnie. Z drugiej strony kopalnie zabezpieczają się przed dodatkowymi opłatami przez zgłoszenie wygórowanego poboru mocy, przez co obok trudności w uzyskaniu wyższego przydziału mocy narażają na nieuzasadnione koszty wynikające ze stałego opłacania wygórowanego zamówienia poboru mocy. Obowiązująca obecnie taryfa opłat za EE przewiduje także zamówienie mocy przy zniżonych stawkach opłaty oraz podwyższonych za przekroczenie zużycia EE. Daje to możliwości racjonalnego zaplanowania mocy dla danych warunków ruchowych KWK. Wiadomo, że planowany koszt EE zależy także od współczynnika mocy, tzw. cosφ.

Obowiązująca taryfa przewiduje progresywne opłaty za obniżenie współczynnika mocy poniżej wartości 0,8 oraz bonifikaty za jego poprawę powyżej 0,8. Dodatkowe opłaty i bonifikaty obliczone są procentowo w stosunku do całkowitej kwoty kosztów za EE. Przeprowadzone badania w KWK wykazały, że w skali przemysłu węglowego średni współczynnik mocy osiąga wartość rzędu 0,8 tylko w wyjątkowych przypadkach w niektórych kopalniach (1,82% całej zbiorowości kopalń) spada do wartości 0,687. Natomiast współczynnik mocy dobrze pod tym względem prowadzonych kopalń (15,78% ogółu kopalń) osiąga wartość 0,81-0,85. Zaznaczyć trzeba, że współczynnik mocy tzw. cosφ obok znaczenia technicznego posiada, co wynika z obowiązującej taryfy opłat za EE, znaczenie ekonomiczne [34].

5.3. Wnioski

1. Przeprowadzona w punkcie 5.1 analiza wpływu kosztów EE na jej zużycie wykazała, że obowiązujące taryfy opłat nie mają znaczącego wpływu na wielkość zużycia tej energii w KWK.
2. Procentowy udział kosztów EE w koszcie technicznym wytworzenia jest dla badanych KWK dość znacznie zróżnicowany, od 1.800% dla KWK - 1106 do 6.242% dla KWK - 1702.
3. Opłaty za EE są uwzględnione bezpośrednio w planowanych kosztach własnych wydobycia, które z kolei są podstawą w określeniu ceny wewnętrznej węgla w ramach stosowanego rachunku wyrównawczego.
4. Stosowane zasady rachunku wyrównawczego w ramach obowiązującego w górnictwie systemu ekonomiczno-finansowego nie wpływają bezpośrednio na racjonalizację zużycia EE w KWK. Zaś taryfy opłat EE jako mechanizmy ekonomiczne, mogące stymulować obniżenie elektrochłonności produkcji górniczej, są mało skuteczne, zatem należy poszukiwać rozwiązań organizacyjno-technicznych pozwalających zracjonalizować gospodarkę EE w KWK.

5. Badania wykazały, że gospodarka mocą bierną w KWK nie jest właściwa. Analiza obowiązującej taryfy opłat za EE wskazuje na duże znaczenie ekonomiczne prawidłowo prowadzonej gospodarki w tym zakresie. Ograniczenie mocy biernej i przez to polepszenie współczynnika cosφ powinno sprowadzać się przede wszystkim do doboru mocy znamionowej silników i transformatorów do potrzeb, ograniczania do niezbędnego minimum ich pracy jałowej oraz wyboru właściwego sposobu kompensacji mocy biernej.

6. IDENTYFIKACJA NIEPARAMETRYCZNEGO MODELU ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W KOPALNI WĘGLA

6.1. Określenie potencjalnego zbioru parametrów opisujących zużycie energii elektrycznej w kopalni węgla

Wyniki przeprowadzonych badań i analiz wykazały, że oprócz uwzględnionych zmiennych, tj. wielkości wydobycia węgla i mocy zainstalowanych napędów na wielkość zużycia EE wpływają także inne zmienne.

Przedmiotowa literatura [42], [50], [6] podaje kilka sposobów określenia potencjalnego zbioru zmiennych opisujących dany obiekt względnie proces. Wyróżnić można trzy zasadnicze podejścia do określenia potencjalnego zbioru parametrów, mianowicie:

a) zbiór parametrów ustalony jest w sposób aprioryczny na podstawie dotychczasowych badań,
b) zbiór parametrów jest ustalony na podstawie opinii ekspertów,
c) z potencjalnego zbioru parametrów dokonuje się wyboru tych zmiennych, które gwarantują dostatecznie mały rzęd wahań losowych modelu.

W niniejszej pracy do wyboru parametrów opisujących zużycie EE w kopalniach wykorzystano metodę heurystyczną, kierując się przeświadczeniem o największej przydatności tej metody do analizy badanego zjawiska. Metoda ta pozwala na [56]:

- wyczerpującą specyfikację zmiennych oraz ich redukcję bez zbierania informacji o ich wartościach,
- ustalenia wag według znaczenia dla każdej zmiennej.

Ponadto metoda heurystyczna [10] umożliwia wykorzystanie uogólnionych doświadczeń specjalistów, inżynierów górników oraz energetyków w przedmiotowych badaniach.

Dalszymi problemami, które wymagały rozstrzygnięcia, są:

- sposób wyrażania opinii o parametrach przez ekspertów,
- sposób badania kompetencji ekspertów.

W przeprowadzonych badaniach zastosowano ujęcie dopuszczające graniczne przyporządkowanie wszystkich punktów jednemu parametrowi lub przydzielenie jednakowej ilości punktów każdemu z nich. W odniesieniu do oceny kompetencji ekspertów przyjęto zasadę, że dobry zespół ekspertów powinien być umiarkowanie zgodny.

W gronie specjalistów praktyków z następujących służb KWK:

- pionu głównego inżyniera ds. energomaszynowych (105 ekspertów),
- pionu głównego inżyniera górniczego (100 ekspertów),
- działu analiz ekonomicznych (64 ekspertów)

dokonano wstępnego wyboru potencjalnych zmiennych wpływających na zużycie EE w KWK. Listę tych zmiennych naniesiono na specjalnie opracowaną ankietę, w której podano szczegółowo cel przeprowadzonych badań. Eksperci byli proszeni o uzupełnienie listy zmiennych ze względu na zużycie EE oraz wyrażenia własnej oceny znaczenia każdej zmiennej.

Eksperci rekrutowali się z 41 kopalń węgla, co stanowi 62% zbioru wszystkich KWK, o stażu pracy w górnictwie od 8 do 21 lat. Ze względu na warunki przeprowadzania badań oraz rodzaj zadania w procedurze doboru zmiennych uczestniczyło 269 ekspertów. Każdy ekspert dysponował $k + 1$ punktami, gdzie k - liczba zmiennych w opracowanej ankiecie badań. Jeżeli ekspert uznał, że lista zmiennych nie obejmuje jednej lub większej liczby ważnych zmiennych, to dopisywał dodatkowe zmienne do listy. Według uznania ekspert rozdzielał $k + 1$ punktów w sposób dowolny, z tym że o ile wprowadzał na listę dodatkową zmienną, to winien jej przydzielić dodatnią liczbę punktów. Po uzyskaniu wypełnionych ankiet sporządzono zbiorczą tablicę badań ankietowych, w której oprócz opinii indywidualnych umieszczono sumę punktów przyporządkowanych każdej zmiennej przez wszystkich ekspertów.

Następny etap badań obejmował:

- ocenę stopnia zgodności odpowiedzi ekspertów w odniesieniu do każdej zmiennej oddzielnie i dla całej listy łącznie,
- wyodrębnienie, gdy występowały istotne rozbieżności w odpowiedziach grup ekspertów o zbliżonych poglądach na temat znaczenia poszczególnych zmiennych,
- wykrycie przyczyn zróżnicowania poglądów, określenie wpływu charakterystyk ekspertów na treść odpowiedzi,
- uporządkowanie zmiennych w jednakowych grupach, włączając w to zmienne "łączone", tj. takie, na które składają się zmienne o jednakowych rangach.

W celu sprawdzenia kompetencji ekspertów wykorzystano:

- współczynnik Spearmana korelacji rangowej, [6],
- współczynnik zgodności uporządkowań wielokrotnych, tzw. współczynnik konkordacji, [10],
- oceny odległości opinii ekspertów, [50].

Przeanalizowane powyższymi procedurami zgodności odpowiedzi ekspertów ze względu na przyjęte sposoby wyrażania swoich opinii potwierdziły ich zgodność.

Dla uzyskania zbioru zmiennych w modelu zużycia EE w KWK przyjęto hipotezę, że częstości f_j liczby punktów nadanych każdej zmiennej przez kompe-

tentny zespół ekspertów są jednakowe dla j = 1,2,3,...k, gdzie j - zmienna objaśniająca. Dla zweryfikowania tej hipotezy wykorzystano test χ^2. W przypadku odrzucenia hipotezy eliminowano z listy zmiennych te zmienne o liczbie punktów równej:

$$f_{.j} < \frac{1}{k} F$$

gdzie suma punktów nadanych przez wszystkich ekspertów wszystkim zmiennym

$$F = \sum_{j=1}^{k+1} \sum_{i=1}^{269} f_{ij}$$

f_{ij} - liczba punktów nadanych przez i-tego eksperta j-tej zmiennej.

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano zbiór potencjalnych zmiennych oraz wag przypisanych im przez ekspertów, które przedstawiono w tablicy 6.1. Zbiór potencjalnych zmiennych opisuje w każdej kopalni węgla

- warunki górniczo-geologiczne,
- strukturę przestrzenną i stan techniczny kopalni,
- poziom techniczno-organizacyjny.

Tablica 6.1

Zbiór potencjalnych zmiennych oraz wagi im przypisane przez ekspertów

Zbiór zmiennych	Nazwa zmiennej	Wymiar	Waga
1	2	3	4
x_1	średnie roczne wydobycie węgla	t	0,095
x_2	koszt EE zużywanej przez wentylatory	tys. zł	0,007
x_3	koszt EE zużywanej przez maszyny wyciągowe	tys. zł	0,067
x_4	koszt EE zużywanej przez sprężarki	tys. zł	0,020
x_5	koszt EE zużywanej przez sortownię	tys. zł	0,019
x_6	koszt EE zużywanej przez powierzchnię - łącznie	tys. zł	0,043
x_7	koszt EE zużywanej przez główny transport dołowy	tys. zł	0,072
x_8	koszt EE zużywanej przez odwadnianie	tys. zł	0,016
x_9	koszt EE zużywanej przez dół kopalni - łącznie	tys. zł	0,071

cd. tablicy 6.1

1	2	3	4
x_{10}	ogólna wydajność pracy	kg/rdn	0,009
x_{11}	średnie nachylenie pokładów	stop.	0,021
x_{12}	średnia wysokość przodku	m	0,008
x_{13}	średnia długość frontu eksploatacyjnego	m	0,070
x_{14}	średnia głębokość eksploatacji	m	0,062
x_{15}	średni dzienny postęp ścian z podsadzką hydrauliczną	m/dn	0,004
x_{16}	średni dzienny postęp ścian zawałowych	m/dn	0,011
x_{17}	procentowy udział wydobycia ze ścian z obudową zmechanizowną	%	0,055
x_{18}	zmianowość	-	0,013
x_{19}	koszty robocizny	tys. zł/t	0,014
x_{20}	koszty materiałowe	tys. zł/t	0,060
x_{21}	koszty amortyzacji	tys. zł/t	0,010
x_{22}	średniomiesięczny popęd	m	0,008
x_{23}	średni dzienny postęp chodników kamiennych	m/d	0,011
x_{24}	średni dzienny postęp chodników kamienno-węglowych	m/d	0,017
x_{25}	średni dzienny postęp chodników węglowych	m/d	0,010
x_{26}	nakłady inwestycyjne ogółem	tys. zł	0,066
x_{27}	całkowity koszt EE	tys. zł	0,057
x_{28}	czas przebywania w przodku	min	0,006
x_{29}	wydajność przodkowa	kg/rdn	0,004
x_{30}	moc zainstalowana napędów czynnych	kW	0,074

6.2. Identyfikacja istotnych zmiennych objaśniających w modelu zużycia energii elektrycznej metodami analizy czynnikowej oraz głównego czynnika

Duża liczba zmiennych w potencjalnym zbiorze zmiennych w znacznym stopniu utrudnia podejmowanie decyzji. Z tego też względu podjęto działania w celu zmniejszenia liczby zmiennych przy równoczesnej nieznacznej stracie wnoszonej ilości informacji do stosunkowo nielicznego podzbioru cech diagnostycznych, którego elementy w sposób możliwie pełny charakteryzują ba-

dane zagadnienie. Żądane wymagania co do własności cech diagnostycznych są spełnione wtedy, gdy te zmienne:

a) ujmują konieczne i istotne właściwości zużycia EE, a więc są to tylko zmienne niezbędne,
b) są wzajemnie nieskorelowane lub tylko słabo skorelowane,
c) są silnie skorelowane ze zmiennymi nie wchodzącymi w skład zespołu zmiennych diagnostycznych,
d) charakteryzują się wysoką zmiennością wśród wszystkich kopalń badanego zbioru,
e) są względnie stałe w czasie.

Ze względu na to, że najważniejszą rolę spełniają warunki a,b,c, w pracy przyjęto do dalszych badań metody, które zapewniają spełnienie przede wszystkim tych właściwości.

Metoda analizy czynnikowej i głównego czynnika

Załóżmy, że dany jest zbiór N kopalń węgla (obiektów) o dla $z \in N$ zmierzonych k cech (właściwości) opisujących zużycie EE. Dane charakteryzujące kopalnie i ich właściwości można zapisać w postaci macierzy o N-wierszach i k-kolumnach

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{Nk} \end{bmatrix} \qquad (6.1)$$

Dane pomiarowe (6.1) stanowią zbiór k wektorów, zmiennych

$$x_j^T = \left[x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{Nj}\right] \qquad j = 1,2,\dots,k \qquad (6.2)$$

w przestrzeni euklidesowej N-wymiarowej E^N.
Między zmiennymi (6.2) istnieją określone zależności, tj. współczynniki korelacji:

$$r_{jl} = \frac{s_{jl}^2}{s_j \cdot s_l}, \qquad j,l = 1,2,\dots,k, \qquad (6.3)$$

gdzie:
s_{jl}^2 - kowariancja między j-tą a l-tą zmienną
s_j, s_l - odchylenie standardowe zmiennych.

Współczynniki korelacji (6.3) tworzą macierz współczynników korelacji $\{R\}$ która nie ulega zmianie, jeżeli w miejsce x_j wprowadzimy zmienne standaryzowane

$$z_j^T = \left[z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{Nj}\right]; \qquad j = 1,2,\dots,k \qquad (6.4)$$

Zmienne (6.4) charakteryzują się tym, że mają średnią równą zero oraz wariancję równą jedności [48]. Istnienie korelacji między zmiennymi nasuwa przypuszczenie, że istnieją pewne "przyczyny" lub czynniki wpływające na zmienne wyszczególnione w macierzy wyjściowej (6.1). Matematycznie formułuje się to następująco:
Każda zmienna (6.4) zależy w sposób liniowy od pewnej liczby czynników

$$z_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + a_{jm}F_m + a_j U_j; \qquad j = 1,2,\dots,k \qquad (6.5)$$

przy czym

$$F_j^T = \left[f_{1i}, f_{2i}, \dots, f_{Ni}\right]; \qquad j = 1,2,\dots,m \qquad (6.6)$$

nazywa się czynnikami wspólnymi, zaś

$$U_j^T = \left[U_{1j}, U_{2j}, \dots, U_{Nj}\right]; \qquad j = 1,2,\dots,k \qquad (6.7)$$

- czynnikami swoistymi.
Zakłada się, że czynniki (6.6), (6.7) są wzajemnie nieskorelowane i unormowane. Współczynniki a_{jl}, a_j nazywa się ładunkami, zaś a_{jl} oznacza ładunek l-tego czynnika wspólnego F_l w j-tej zmiennej z_j. Natomiast a_j stanowi ładunek j-tego czynnika swoistego w zmiennej z_j.
Równanie modelu (6.5) w zapisie macierzowym przedstawia się następująco:

$$Z^T = A \cdot F + a \cdot U, \qquad (6.8)$$

przy czym A, a oznaczają macierze ładunków. Natomiast Z, F, U stanowią macierze utworzone z wartości zmiennych, czynników wspólnych i czynników swoistych.
Mając dany model (6.5) można obliczyć współczynniki korelacji dla zmiennych z_j $(j = 1,2,\dots,k)$.
Korzystając z właściwości, że czynniki wspólne i swoiste są nieskorelowane i unormowane, otrzymuje się w zapisie macierzowym zależność w postaci:

$$R = A \cdot A^T + a^2 \qquad (6.9)$$

Współczynniki korelacji a są równe wartościom obliczonym ze wzoru (6.3).

Celem analizy czynnikowej jest wyznaczenie ładunków a_{ij}, a_j występujących w modelu (6.5), czyli wyznaczenie macierzy $\underline{A}$ oraz $\underline{a}$ spełniających równanie (6.9) przy zadanej macierzy współczynników korelacji $\underline{R}$. Równanie (6.9) można zapisać w inny sposób. W tym celu należy wprowadzić nowe zmienne

$$h_j^2 = a_{j1}^2 + a_{j2}^2 + \ldots + a_{jm}^2; \qquad j = 1,2,\ldots,k, \tag{6.10}$$

zwane zasobami zmienności wspólnej oraz przyjąć oznaczenia:

$$\begin{aligned} r'_{jj} &= h_j^2 \qquad j = 1,2,\ldots,k \\ r'_{jl} &= r_{jl} \qquad j,l = 1,2,\ldots,k;\ j \neq l \end{aligned} \tag{6.11}$$

Z równań (6.9) oraz (6.10) otrzymuje się:

$$r_{jj} = h_j^2 + a_j^2 = r'_{jj} + a_j^2 = 1; \qquad j = 1,2,\ldots,k \tag{6.12}$$

W zapisie macierzowym wzory (6.11), (6.12) z uwzględnieniem (6.10) można przedstawić:

$$\begin{aligned} R' &= A \cdot A^T \\ R &= R' + a^2 \end{aligned} \tag{6.13}$$

Macierz R', zwana zredukowaną macierzą współczynników korelacji, różni się od macierzy R tym, że w miejscu jedynek na przekątnej ($r_{jj} = 1$) występują zasoby zmienności wspólnej $h_j^2 < 1$ ($j = 1,2,\ldots,k$).

Z (6.12) lub (6.13) wynika, że w macierzy ładunków a na głównej przekątnej występują wielkości:

$$\sqrt{1 - h_i^2} \quad \text{dla} \quad i = 1,2,\ldots,k$$

Na mocy twierdzenia z algebry [18], [48] zachodzi równość rzędów macierzy spełniających (6.13), tzn.

$$\text{rząd } R' = \text{rząd } A = m < k \tag{6.14}$$

Jeżeli zadana została liczba m czynników wspólnych, to zadanie analizy czynnikowej polega na dobraniu takich zasobów zmienności wspólnej h_j^2

($j = 1,2,\ldots,k$), aby rząd macierzy R' był równy zadanej liczbie m i wyznaczeniu macierzy ładunków A rzędu m, spełniającej (6.13). Mając dane h_j^2 można wyznaczyć macierz a.

Istotną sprawą jest wyznaczenie tzw. ogólnej zmienności wspólnej, będącej sumą wszystkich zasobów zmienności wspólnej, tzn.

$$V = \sum_{j=1}^{k} h_j^2 = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{m} a_{ji}^2 \tag{6.15}$$

Z zależności (6.10) wynika, że wartości h_j^2 ($j = 1,2,\ldots,k$) będą znane wtedy, gdy określona jest macierz A o współczynnikach a_{ij} ($i=1,2,\ldots,k$; $j=1,2,\ldots,m$).

Przy rozwiązywaniu zadania analizy czynnikowej, tzn. przy wyznaczaniu macierzy A, spełniającej równanie (6.13) do określenia macierzy R' rzędu m muszą być znane wartości h_j^2. Zagadnienie to można rozwiązać następująco:

Załóżmy, że znana jest metoda wyznaczania macierzy A, spełniająca (6.13). Wartości h_j^2 można wyznaczyć iteracyjnie. Ponadto niech przybliżone początkowe zasoby zmienności wspólnej dane będą jednym z następujących wzorów:

$$h_j^{(0)2} = \max_{i,i\neq j} r_{ji}; \qquad j = 1,2,\ldots,k \tag{6.16}$$

lub:

$$h_j^{(0)2} = \frac{1}{k-1} \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{k} r_{ji} \tag{6.17}$$

Mając dane $h_j^{(0)2}$ można wyznaczyć macierz R' ze wzoru (6.15), a następnie wyznaczyć znaną metodą macierz ładunków A, spełniającą (6.13). Po wyznaczeniu macierzy można obliczyć zasoby zmienności wspólnej

$$h_j^{(1)2} = \sum_{i=1}^{m} a_{ji}^2 \tag{6.18}$$

oraz sprawdzić, jak dalece różnią się wartości $h_j^{(0)2}$ i $h_j^{(1)2}$. Jeżeli spełniony jest warunek:

$$\sum_{j=1}^{k} (h_j^{(0)2} - h_j^{(1)2})^2 < \varepsilon \tag{6.19}$$

przy zadanej $\varepsilon > 0$, można uznać wyznaczoną macierz A za rozwiązanie ostateczne. Jeżeli (6.19) nie zachodzi, proces iteracyjny jest kontynuowany do chwili spełnienia nierówności (6.19).
Jeżeli w iteracji końcowej jest spełniony warunek (6.19), wówczas Rząd $R' = m$.

Metoda głównego czynnika

Podstawowe równanie analizy czynnikowej (6.13) wykazuje niejednoznaczność wyznaczania macierzy A [18]. Załóżmy, że funkcja k zmiennych wyrażona przez sumę kwadratów ładunków czynnika F_1 we wszystkich zmiennych Z_j $(j = 1,2,\ldots,k)$ wynosi:

$$v_1 = a_{11}^2 + a_{21}^2 + \ldots + a_{k1}^2 \tag{6.20}$$

Z założenia, że udział czynnika F_1 w ogólnej zmienności wspólnej (6.15) ma być największy wynika, że współczynniki a_{ij} występujące w (6.5) muszą być tak dobrane, aby funkcja (6.20) osiągnęła maksimum przy ograniczeniach:

$$r'_{j1} = \sum_{p=1}^{m} a_{jp} \cdot a_{1p} \tag{6.21}$$

Do maksymalizacji (6.20) z ograniczeniami (6.21) można zastosować metodę mnożników Lagrange'a.
Obliczenie maksimum funkcji (6.20) z ograniczeniem (6.21) sprowadza się zatem do rozwiązania układu równości, który w zapisie wektorowo-macierzowym można przedstawić następująco:

$$R' \cdot \underline{X} = \lambda_1 \cdot \underline{X}, \tag{6.22}$$

gdzie:

$$\lambda_1 = \sum_{j=1}^{k} a_{j1}^2 \tag{6.23}$$

Zadanie polega na rozwiązaniu (6.22). Ponieważ λ_1 jest jednocześnie równa funkcji (6.20), to za v_1 należy przyjąć największą wartość własną wyznaczoną z (6.22). Wyznaczenie macierzy ładunków A, spełniającej (6.13), kończy analizę czynnikową.

Analiza współczynników macierzy A pozwala zinterpretować zależność między czynnikami F_i $(i = 1,2,\ldots,m)$ a zmiennymi Z_j $(j = 1,2,\ldots,k)$. Wszystkie współczynniki a_{ij} $(j = 1,2,\ldots,k;\ i = 1,2,\ldots,m)$ mają wartości z przedziału (-1, 1), co np. wynika z (6.12). Nie ułatwiają one jednak wyznaczania najważniejszych czynników. Aby ułatwić interpretację czynników dokonuje się tzw. rotacji ortogonalnych.

Rotacje ortogonalne polegają na ortogonalnym przekształceniu macierzy A na nową macierz ładunków A', której elementy stanowią ładunki dające się łatwo zinterpretować. Współczynniki znaczące mają po rotacji wartości bliskie jedynce, natomiast mało znaczące są bliskie zera.
Przekształcenie macierzy można przedstawić jako:

$$A' = A \cdot T, \tag{6.24}$$

przy czym:
A - dana macierz ładunków,
T - macierz ortogonalna przekształcenia,
A' - macierz ładunków po przekształceniu.

Stwierdzono doświadczalnie [21], że dobre efekty daje zastosowanie metody VARIMEX Kaisera. W metodzie tej dobierane są współczynniki macierzy A' w taki sposób, aby funkcja

$$F = k \cdot \sum_{p=1}^{m} \sum_{j=1}^{k} \left(\frac{a'_{jp}}{\sqrt{h_j^2}}\right)^4 - \sum_{p=1}^{m} \left(\sum_{j=1}^{k} \left(\frac{a'_{jp}}{\sqrt{h_j^2}}\right)^2\right)^2 \tag{6.25}$$

osiągnęła największą wartość. Funkcja (6.25) stanowi wariancję kwadratów ładunków podzielonych przez zasoby zmienności wspólnej.
W oparciu o metodę przedstawioną w punktach 6.1 i 6.2 opracowano program obliczeniowy dla maszyny cyfrowej ODRA 1325.

Metodę analizy czynnikowej zestawiono dla 30 zmiennych opisujących model zużycia EE na poziomie każdej KWK. Zbiór istotnych zmiennych objaśniających wyodrębniono metodą podstawowego czynnika i rotowano je do tzw. struktury prostej metodą VARIMEX. Wybrane, zbiorcze wyniki badań, tj. wyselekcjonowane istotne zmienne przedstawiono w tablicy 6.2. 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. % wariancji zmiennej wyjaśnionej łącznie przez wszystkie czynniki. Wynika stąd, że uproszczony model opisu zużycia EE ma postać następującą:

$$E_z = F(X_1, X_3, X_6, X_7, X_9, X_{13}, X_{14}, X_{17}, X_{20}, X_{26}, X_{27}, X_{30}), \tag{6.26}$$

gdzie nazwy zmiennych objaśniających istotnych podano w tablicy 6.2.

Tablica 6.2

Wybrane zbiorcze wyniki badań uzyskane metodami podstawowego czynnika oraz analizę czynnikową

Nr zmiennej w badaniach	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	0,8168	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	0,8732	0,90481
x_{27}	całkowity koszt EE	0,9067	0,99056
x_{30}	moc zainstalowana napędów czynnych	0,8731	0,99034

7. PODZIAŁ KOPALŃ WĘGLA NA GRUPY STATYSTYCZNIE JEDNORODNE ZE WZGLĘDU NA ISTOTNE ZMIENNE WYJŚCIOWE DLA MODELU ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

7.1. Metoda zmiennych losowych wielowymiarowych

Metoda zmiennych losowych wielowymiarowych umożliwia dokonanie [29]:

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

Założono, że obserwacji podlega N-obiektów, tj. KWK. Każdy z tych N obiektów opisano ze względu na przyjęte cele badań za pomocą m=12 istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE i przedstawionych w tablicy 6.2. Zmienne te w dalszych rozważaniach nazwano cechami.
W analizowanym modelu matematycznym każdy obiekt przyjęto jako zmienną losową wielowymiarową w postaci:

$$x_j(x_{j1}; x_{j2}; x_{j3}; \ldots; x_{jm}), \tag{7.1}$$

gdzie:

$j = 1,2,3,\ldots,N$ - kolejne obiekty obserwacji,

$x_{j1}, x_{j2}, \ldots, x_{jm}$ - cecha opisująca określony obiekt.

Cechy jako informacje wyjściowe dla obserwowanych N obiektów tworzą macierz w postaci:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{N1} & x_{N2} & x_{N3} & \cdots & x_{Nm} \end{bmatrix} \tag{7.2}$$

Ze zbioru N wartości zmiennych losowych wielowymiarowych można utworzyć L grup takich, aby w zakresie każdej z tych grup nie występowały między nimi istotne różnice. Na każdym kroku grupowania obliczono wariancję międzygrupową δ^2_{mg} odległości

$$\sigma^2_{mg} = \frac{1}{L-1} \sum_{j=1}^{L} N_{Gj} \left| x_{(Gj)i} - x_i \right|^2 \qquad (7.3)$$

Wariancja wewnątrzgrupowa σ^2_{wg} odległości ma postać:

$$\sigma^2_{wg} = \frac{1}{N-L} \sum_{j=1}^{L} \sum_{k=1}^{N_{Gj}} \sum_{i=1}^{m} \left(x_{jki} - x_{(Gj)i} \right)^2, \qquad (7.4)$$

gdzie k - przybiera numery zmiennych losowych wchodzących w skład rozpatrywanej grupy.

Obliczone wartości wariancji wewnętrznej i międzygrupowej pozwalają sprawdzić hipotezę o równości środków utworzonych grup, mianowicie:

1. Hipoteza zerowa H_0

$$\sigma^2_{mg} = \sigma^2_{wg} \qquad (7.5)$$

2. Alternatywna hipoteza H_1

$$\sigma^2_{mg} > \sigma^2_{wg} \qquad (7.6)$$

Obliczając wartość zmiennej

$$F = \frac{\sigma^2_{mg}}{\sigma^2_{wg}} \qquad (7.7)$$

można ją porównać z wielkością F_α z tablic Fishera-Snedecora na poziomie istotności α przy stopniach swobody $S_1 = L-1$ oraz $S_2 = N-L$.
W przypadku gdy $F \leqslant F_\alpha$, można stwierdzić, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0, głoszącej, że współrzędne środków grup nie różnią się od siebie w sposób statystycznie istotny. Wskazuje to na jednorodność zbioru utworzonego z tych grup. Jeżeli $F > F_\alpha$, przyjętę hipotezę należy odrzucić, gdyż odchylenia międzygrupowe nie mieszczą się w granicach wyznaczonych przez rozrzut w obrębie badanego materiału statystycznego.

7.2. Przygotowanie materiału statystycznego

W celu ujednolicenia wpływu wyboru jednostek miary poszczególnych cech przeprowadzono ich standaryzację według wzoru:

$$\hat{x}_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k}, \qquad (7.8)$$

gdzie:

$\hat{x}_{ik}$ - wartość k-tej współrzędnej dla i-tej zmiennej
$i = 1,2,3,\ldots,N$,
$k = 1,2,3,\ldots,m$,
$\bar{x}_k$ - średnia wartość współrzędnej k,
s_k - odchylenie standardowe współrzędnej k.

Cechy przyjęte do obliczeń dla poszczególnych KWK przedstawiono w tablicach 8.5, 8.6, 8.7, 8.8.

7.3. Omówienie wyników obliczeń

W oparciu o podany powyżej zarys metody grupowania dla wyróżnionych cech uzyskano 66 podziałów kopalń dla kolejnych stopni swobody od 1 do 65. Dla sprawdzenia istotności otrzymanych podziałów porównano wartości F z zawartością F_α na poziomie istotności $\alpha = 0,01$, przy stopniach swobody:

$$S_1 = L-1$$
$$S_2 = N-L$$

W oparciu o testy statystyczne (7.5) oraz (7.6) wyróżniono dla każdej analizy przedziały różnięce się jednorodnością podziałów. Miarą istotności typologicznego podziału zbioru KWK jest wartość stosunku zmiennej F do wielkości F_α. Podział optymalny otrzymano przy spełnieniu warunku:

$$\frac{F}{F_\alpha} = \max$$

dla określonych stopni swobody S_1 oraz S_2.
Gdy dana grupa typologiczna stanowi podzbiór jedno- lub dwuelementowy, należy z macierzy informacji wyjściowych (7.2) wyszukać najbliższego "sąsiada" i obliczyć wskaźnik podobieństwa następująco:

$$d_{KT,KS} = 1 - \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \left(x_{KT,j} - x_{Ks,j} \right), \qquad (7.10)$$

gdzie:
X - zestandaryzowana cecha od 1-12,
KT - indeks cechy badanej kopalni w podzbiorze jedno- lub dwuelementowym,
KS - indeks cechy "sąsiada" wobec badanej kopalni.

Jeżeli $d_{KT,KS} \geq 0,8$, to "sąsiad" interpretowany może być jako wzorzec dla badanej kopalni. W przypadku, gdy $d_{KT,KS} < 0,8$, to badana kopalnia charakteryzuje się tak specyficznymi warunkami, że musi być indywidualnie rozpatrywana.

Wyniki obliczeń podziału typologicznego kopalń węgla kamiennego przemysłu węglowego ze względu na istotne zmienne objaśniające zużycie EE przedstawiono w tablicy 7.1.

Analiza tablicy 7.1 wskazuje, że:

- otrzymano podział na cztery grupy typologiczne o liczebności:

  grupa I - 42-elementowa
  grupa II - 11-elementowa
  grupa III - 7-elementowa
  grupa IV - 6-elementowa

- grupa I obejmuje 63,6% kopalń węgla przemysłu węglowego,
- największym średnim wskaźnikiem zużycia EE charakteryzuje się grupa IV.

Tablica 7.1

Podział KWK przemysłu węglowego na grupy statystycznie jednorodne

Symbol grupy	Liczebność grupy	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, 1614	26,795
III	7	1204, 1209, 1212, 1312, 1512, 1601, 1602	31,514
IV	6	1327, 1524, 1701, 1702, 1703, 1705	81,893

8. WYZNACZENIE NORMATYWÓW ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W STATYSTYCZNIE JEDNORODNYCH GRUPACH KOPALŃ WĘGLA

Normatywy techniczne mają zasadnicze znaczenie dla organizowania produkcji w taki sposób, aby biegła bez spiętrzeń i zakłóceń. Normatywem zużycia EE nazywa się określoną ilość EE konieczną do realizacji procesów technologicznych i czynności w określonych warunkach geologiczno-górniczych oraz górniczo-technicznych. Wyróżnić można dwa rodzaje normatywów zużycia EE: elementarny (wskaźniki agregatowe) oraz sumaryczny. Elementarny normatyw dotyczy jednej operacji wybranego procesu technologicznego, zaś sumaryczny normatyw dotyczy całego procesu wydobywczo-przeróbczego.

Poniżej przedstawiono sposoby wyznaczenia sumarycznych normatywów zużycia EE dla KWK. Punktem wyjścia dla wypracowanych propozycji jest:

- dokonany podział KWK na grupy statystycznie jednorodne, scharakteryzowany w rozdziale 7 i przedstawiony w tablicy 7.1,
- znajomość zbioru istotnych zmiennych objaśniających, które przedstawia tablica 6.2.

8.1. Metoda oparta na minimalnym prawdopodobieństwie przekroczenia średniego zużycia energii elektrycznej

Za punkt wyjścia dla rozważań przyjęto tezę [29], że dla każdej z wydzielonych grup istnieje taka kopalnia, której prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia EE w kWh/t w konwencjonalnie przyjętym przedziale czasu dla danej grupy jest najniższe.

Przyjęcie powyższej tezy jest równoznaczne ze stwierdzeniem, że KWK charakteryzująca się najniższym prawdopodobieństwem przekroczenia średniej zużycia EE odznacza się najlepszą aktualnie gospodarkę EE w badanej grupie typologicznej. Usystematyzowanie według wielkości wyżej omawianego prawdopodobieństwa KWK w rozpatrywanej grupie będzie określało ich pozycję w zakresie gospodarowania EE. Usytematyzowanie to może się zmienić, gdy nastąpią istotne zmiany cech będących podstawą podziału na grupy statystycznie jednorodne. W celu przeprowadzenia wnioskowania statystycznego w przedmiotowym zakresie na podstawie danych empirycznych z KWK niezbędny jest dobór takich rozkładów prawdopodobieństwa, które będą dobrze opisywały rozpatrywane zagadnienie. Zatem podstawę analizy gospodarki EE w KWK może być rozkład $P(x,t)$ prawdopodobieństwa zaistnienia przekroczenia śred-

niej zużycia EE w umownie przyjętym przedziale czasu $(t_o, t_o+\Delta t)$ dla $t_o > 0$. Rozkład ten wyprowadzono, przyjmując następujące założenia [7]:

1° Szukane prawdopodobieństwo jest niezależne od wartości t_o, co oznacza, że przekroczenie średniej zużycia EE jest niezależne od chwili rozpoczęcia obserwacji.

2° Prawdopodobieństwo zaistnienia $(x+1)$ przekroczeń średniej zużycie 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 KWK, w szczególności istotnych zmiennych objaśniających podanych w tablicy 6.2,

b) równość

$$\sum_{x=0}^{\infty} P(x;t) = 1, \tag{8.1}$$

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 $(t_o, t_o+\Delta t)$, 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 $(t_o, t_o+\Delta t)$, wynosi:

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

Z wyżej przyjętych założeń wynikają następujące relacje:

$$P(x;t+\Delta t) = P(x;t) \cdot \left[1 - \lambda(x;t) \cdot \Delta t - O(\Delta t)\right] +$$

$$+ P(x-1;t) \cdot \lambda(x-1;t) \cdot \Delta t + \sum_{n=2}^{x} P(x-n;t) \cdot O(\Delta t) \tag{8.2}$$

oraz:

$$P(0;t+\Delta t) = P(0;t) \cdot \left[1 - \lambda(0;t) \cdot \Delta t\right] \tag{8.3}$$

Przekształcając (8.2) i (8.3) do postaci:

$$\frac{P(x;t+\Delta t) - P(x;t)}{\Delta t} = P(x-1;t) \cdot \lambda(x-1;t) -$$

$$-P(x;t) \cdot \lambda(x,t) + \sum_{n=2}^{x} P(x-n;t) \cdot \frac{O(\Delta t)}{\Delta t} - P(x;t) \frac{O(\Delta t)}{\Delta t} \tag{8.2'}$$

oraz

$$\frac{P(0;t+\Delta t) - P(0;t)}{\Delta t} = -P(0;t) \cdot \lambda(0;t), \tag{8.3'}$$

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

$$\frac{dP(0;t)}{dt} = -\lambda(0;t) \cdot P(0;t) \tag{8.4}$$

$$\frac{dP(x;t)}{dt} = \lambda(x-1;t) \cdot P(x-1;t) - \lambda(x;t) \cdot P(x;t) \tag{8.5}$$

Rozwiązanie tego układu jest zależne od kształtu funkcji

$$\lambda(x;t)$$

Powinno ono spełniać warunki początkowe:

$$P(0;0) = 1 \tag{8.6}$$

$$P(x;t) = 0 \quad \text{dla} \quad x = 1,2,\ldots \tag{8.7}$$

Układ równań (8.4) i (8.5) przedstawia pewien typ procesu stochastycznego z czasem ciągłym. Jest to tzw. proces Markowa, jednorodny w czasie. Można wykazać [19], że trzy różne postacie funkcji $\lambda(x;t)$ prowadzą do rozwiązań spełniających warunek (8.1).

Rozwiązanie 1 zachodzi dla:

$$\lambda(x;t) = \lambda = \text{const} > 0 \tag{8.8}$$

Hipoteza ta jest równoznaczna przypuszczeniu, że przekroczenia średniej zużycia EE w KWK są losowo niezależne. Układ równań (8.4) i (8.5) przyjmuje wówczas postać:

$$\frac{dP(0;t)}{dt} = -\lambda_0 \cdot P(0;t) \tag{8.9}$$

$$\frac{dP(x;t)}{dt} = \lambda \left[P(x-1;t) - P(x;t)\right] \tag{8.10}$$

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

Z relacji (8.9) wobec (8.6) otrzymuje się:

$$P(x;t)\Big|_{x=0} = \left(\frac{(\lambda_0 t)^x}{x!} e^{-\lambda t}\right)_{x=0} = P(0;t) = e^{-\lambda t} \tag{8.11}$$

Następnie z relacji (8.10) wobec (8.7) otrzymuje się rekurencyjnie P(1;t), P(2;t) itd., rozwiązania te wyrażają się wzorem:

$$P(x;t) = \frac{(\lambda_0 t)^x}{x!} \cdot e^{-\lambda t}, \tag{8.12}$$

określającym tzw. proces jednorodny Poissona.
Warunek (8.1) jest tu spełniony, gdyż

$$\sum_{x=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^x}{x!} \cdot e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t} \cdot \sum_{x=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^x}{x!} = e^{-\lambda t} \cdot e^{\lambda t} = 1 \tag{8.13}$$

Zatem wzór (8.12) określa rozkład prawdopodobieństwa.
Rozwiązanie 2 zachodzi, gdy:

$$\lambda(x;t) = \lambda \cdot x, \tag{8.14}$$

λ - stała dodatnia

tj. $\lambda(x;t)$ jest funkcję liniową, rosnącę niezależnę 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 spostrzec, że z (8.14) wynika konieczność przyjęcia, że od chwili $t_0 = 0$ zaistniało przynajmniej jedno przekroczenie średniej zużycia EE. W przeciwnym razie układ (8.9) i (8.10) zredukowałby się do równania:

$$\frac{dP(x;t)}{dt} = 0 \tag{8.15}$$

o rozwiązaniu

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

nie mogęcym spełnić warunku (8.1).

Jeżeli od chwili $t_0 = 0$ zaistniało k przekroczeń średniej zuzycia EE (k = 1,2,3,...), to prawdopodobieństwo P(x,t), ze w kolejnym oostępie czasu (0,t) zaistnieje jeszcze x przekroczeń średniej zuzycia EE jest określone przez układ równań:

$$\frac{dP(0;t)}{dt} = -\lambda \cdot k \cdot P(0;t) \tag{8.16}$$

$$\frac{dP(x;t)}{dt} = -\lambda_0 (x+k) \cdot P(x;t) + \lambda(x+k-1) \cdot P(x-1;t), \tag{8.17}$$

gdzie:

$$k = 1,2,3,\ldots; \qquad x = 1,2,3,\ldots$$

Rozwiązanie układu (8.16) i (8.17) winno spełniac warunki początkowe:

$$P(x;t) = 0 \qquad \text{dla} \quad x = 1,2,3,\ldots \tag{8.18}$$

oraz:

$$P(0;0) = 1 \tag{8.19}$$

Stosując metodę analogiczną do użytej przy rozwiązywaniu układu (8.9) i (8.10) otrzymuje się:

$$P(x;t) = \binom{x+k-1}{x} \cdot e^{-k\lambda t} \cdot \left(1 - e^{-\lambda t}\right)^x \tag{8.20}$$

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

Trzeba zauważyć, że:

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

Wzór (8.20) określa rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej x, podlegającej rozkładowi Furry'ego - Yule'a.
Zatem

$$\bar{x} = \bar{x}(t) = k \cdot e^{\lambda t} \tag{8.21}$$

$$\sigma_x^2 = \sigma_x^2(t) = k\left(e^{2\lambda t} - e^{\lambda t}\right) \tag{8.22}$$

Jeżeli przyjmiemy, że:

$$\lambda(x;t) = \frac{v + x}{a + t}, \qquad (a, v - \text{stałe}) \tag{8.23}$$

wówczas 3 rozwiązanie przyjmuje postać rozkładu Poly'a

$$P(x;t) = C\binom{v+x-1}{x}\left(\frac{t}{a+t}\right)^x \qquad x = 0,1,2,\ldots \tag{8.24}$$

$$P(0;t) = \left(\frac{a}{a+t}\right)^v \tag{8.25}$$

Dla zmiennej losowej x o rozkładzie (8.24)

$$\bar{x} = \bar{x}(t) = \frac{v \cdot t}{a} \tag{8.26}$$

$$\sigma_x^2 = \sigma_x^2(t) = \frac{v \cdot t}{a}\left(1 + \frac{t}{a}\right) \tag{8.27}$$

Wyrażając ze wzorów (8.26) i (8.27) a oraz v przez $\bar{x}$ i σ_x^2 otrzymuje się:

$$a = \frac{\bar{x} \cdot t}{\sigma_x^2 - \bar{x}} \tag{8.28}$$

$$v = \frac{\bar{x}^2}{\sigma_x^2 - \bar{x}} \tag{8.29}$$

Z teoretycznego punktu widzenia interesujące jest zagadnienie, czy można znaleźć inne praktyczne przydatne rozkłady liczby przekroczenia średniej zużycia EE, spełniającej (8.4) i (8.5) oraz warunek (8.1).

Otóż można stwierdzić drogą efektywnego rozwiązania równań (8.4) i (8.5), że przy dowolnym doborze ciągu funkcji

$$\lambda(0;t),\ \lambda(1;t),\ \lambda(2;t),\ \ldots \tag{8.30}$$

można otrzymać rozwiązania spełniające warunki początkowe (8.6) i (8.7). Jednak rozwiązania te mogą nie spełniać warunku (8.1). Z przeprowadzonych rozważań wynika, że przy ustalonym t ciąg (8.30) jest niemalejący.

Jeżeli ciąg (8.30) jest rosnący, to wzrastanie nie może być zbyt szybkie. Mówi o tym twierdzenie: "Na to, aby wzór (8.1) był spełniony dla wszystkich t, potrzeba i wystarczy, by szereg

$$\sum_{x=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda(x;t)} \tag{8.31}$$

był rozbieżny".

Wynika stąd, że tempo wzrastania ciągu (8.30) może być co najmniej liniowe jak w rozkładach Furry'ego - Yule'a oraz Poly'a, co wynika z (8.14) i (8.23), ponieważ szereg

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

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

$$P_o(t) = 1 - P(0;t),$$

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

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

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

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

Biorąc pod uwagę miesięczne dane empiryczne z poszczególnych kopalń za 1982, 1983 oraz 1984 rok (pierwsze półrocze) wyżej przedstawioną metodą obliczono prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia EE [kWh/t] w ciągu 1 roku. Obliczone rezultaty przedstawiono w tablicy 8.1.

W poszczególnych grupach typologicznych najmniejszym prawdopodobieństwem przekroczenia średniej zużycia EE charakteryzuje się kopalnie:

w grupie I - 1105 - 23.940 kWh/t
II - 1112 - 18.814 kWh/t
III - 1209 - 21.309 kWh/t
IV - 1327 - 25.225 kWh/t

Odznaczają się również najlepszą aktualnie gospodarką E w danych grupach.

Tablica 8.1

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			
	1213	0,2519			
	1214	0,3112			
	1231	0,4878			
	1311	0,3712	III	1204	0,2831
	1313	0,5001		1209	0,0584
	1314	0,4343		1212	0,2579
	1315	0,3718		1312	0,4583
	1316	0,3833		1512	0,8321
	1322	0,5817		1601	0,6866
	1411	0,6213		1602	0,7387
	1412	0,4624			
	1413	0 5283			
	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	IV	1327	0,0129
	1522	0,3027		1524	0,4457
	1523	0,2937		1701	0,9133
	1526	0,9115		1702	0,9321
	1604	0,8762		1703	0,9682
	1605	0,5243		1705	0,5866
	1606	0,5702			
	1609	0,4373			
	1611	0,5723			
	1615	0,6788			

8.2. Funkcje przebiegu zużycia energii elektrycznej oraz wydobycia węgla dla statystycznie jednorodnych grup kopalń węgla kamiennego

Opis przebiegu zużycia EE oraz wydobycie w grupach jednorodnych KWK, zwanych dalej grupami, przeprowadzono za pomocą funkcji postaci:

$$\left.\begin{aligned} W(n) &= Wn \\ A(n') &= An' \end{aligned}\right\}, \qquad (8.32)$$

gdzie:

W(n) - funkcja charakteryzująca roczne wydobycie węgla danej grupy,

A(n') - funkcja charakteryzująca roczne zużycie EE przez daną grupę,

Wn - roczne wydobycie węgla n-tej kopalni w danej grupie,

An' - roczne zużycie EE przez n-tą kopalnię w danej grupie,

n - liczba równa pozycji jaką zajmuje badana kopalnia w kolejności malejącej ze względu na wielkość wydobycia węgla w uporządkowanym układzie kopalń w danej grupie. Zatem dla kopalni o najwyższym rocznym wydobyciu węgla w rozważanej grupie n = 1

n' - liczba równa pozycji, jaką zajmuje badana kopalnia w uporządkowanym układzie kopalń w kolejności malejącej ze względu na poziom zużycia EE, tzn. n = 1 dla KWK o najwyższym zużyciu EE w ramach danej grupy.

$n, n' = 1,2,\ldots,N$ N - liczba KWK w rozpatrywanej grupie.

Wykorzystując metody interpolacji i ekstrapolacji można dokonać przejścia w funkcji (8.32) z argumentu naturalnego n oraz n' do argumentu nieujemnego rzeczywistego x oraz x', czyli $(1 < x < \infty) \wedge (1 < x' < \infty)$. Otrzymujemy:

$$\int_1^N W(x)dx = Wr \qquad (8.33)$$

$$\int_1^N A(x')dx' = Ar \qquad (8.34)$$

gdzie dla całej rozważanej grupy jednorodnej oznaczono przez:

Wr - roczne wydobycie węgla,

Ar - roczne zużycie EE.

Dla wyjaśnienia załóżmy, że w pewnej kopalni zostanie wyłączone z eksploatacji np. x = 1,7. Wówczas grupa uzyska łączne wydobycie roczne:

$$\int_{1,7}^{N} W(x)dx \qquad (8.35)$$

Zatem łączne wydobycie węgla uzyskane przez daną grupę w skrajnym,najgorszym przypadku będzie równe wartości obliczonej ze wzoru (8.35).

Jeżeli np. x = 1,7 w danym roku sprawozdawczym, to zużycie EE nie powinno przekroczyć wartości

$$\int_{1}^{N-1,7} A(x')dx' \qquad (8.36)$$

Wynika z tego, że dla zapewnienia niezakłóconego rytmu pracy danej grupy należy dostarczyć ilość EE równą wartości określonej wzorem (8.36).

Para liczb $[W(n), A(n')]$ charakteryzuje hipotetyczną KWK o wydobyciu $W(n)$ i zużyciu EE $A(n')$. Oznacza to, że przyjęta teza zakłada zależność zużycia EE od wielkości wydobycia węgla w danej kopalni. Z tego wynika, że KWK o większym wydobyciu jest upoważniona do większego zużycie EE na tyle, o ile wynika to z przebiegu zmienności funkcji $W(x)$ oraz $A(x)$ w ramach podziału taksonomicznego KWK.

Znając postać funkcji $W(x)$ oraz $A(x')$ otrzymano funkcję charakteryzującą pary $[W(x), A(x')]$ dla danej grupy w postaci:

$$F[W(x)] = A(x) \qquad (8.37)$$

Funkcje (8.37) przyporządkowuje zmiennej wielkości wydobycia węgla w danej grupie dopuszczalną wielkość zużycie EE. Zależność (8.37) przedstawia zatem normatyw zużycie EE dla KWK wchodzących w skład danej grupy.

Wykorzystując dokonany podział taksonomiczny kopalń przemysłu węglowego przedstawiony w tablicy 7.1 oraz dane charakteryzujące: średnie roczne wydobycie węgla, zużycie EE przez poszczególne kopalnie, stosując standardowy pakiet analizy etatystycznej XDS-2, otrzymano funkcje przebiegu: wydobycia węgla $W(x)$, zużycia EE $A(x')$ oraz zależność zużycia EE od wielkości wydobycia $F[W(x)] = A(x')$. Postać analityczną tych funkcji podano w tablicy 8.3 dla poszczególnych jednorodnych grup kopalń.

Przebieg zmienności funkcji $W(n)$, $A(n')$ oraz $F[W(x)] = A(x)$ przedstawiono w postaci nomogramów, które ilustrują rysunki od 8.1 do 8.6.

Tablica 8.2

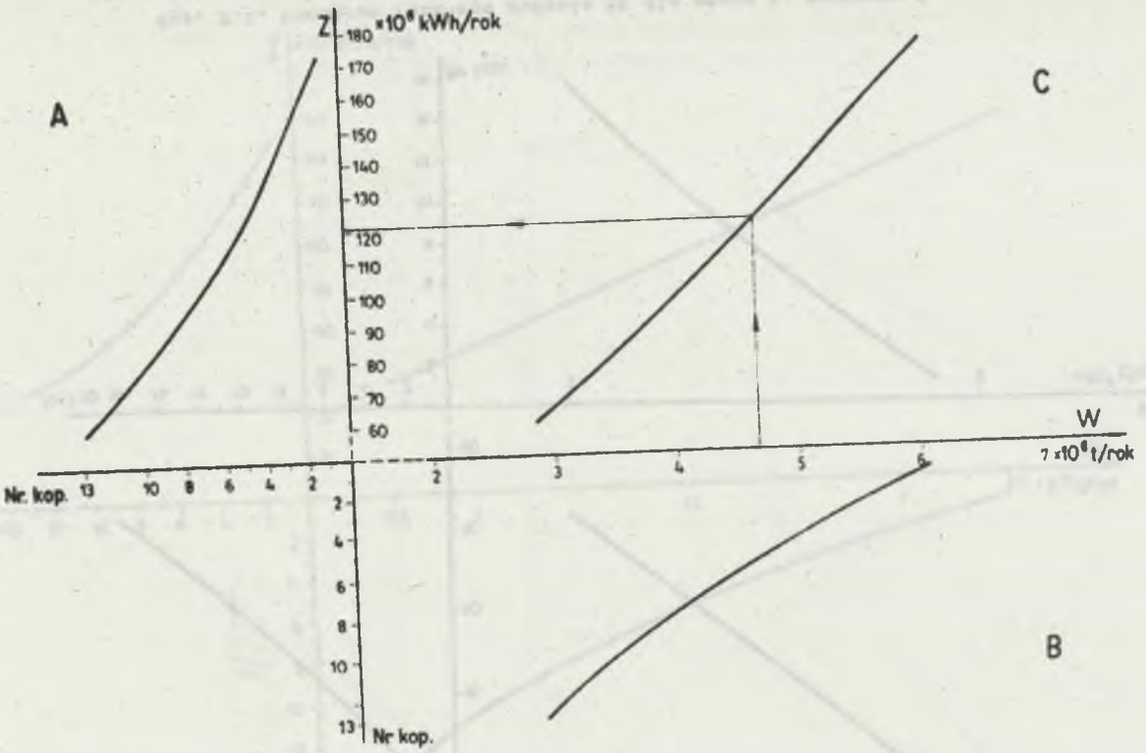
Typologiczne przyporządkowanie grup kopalń węgla

Nr grupy	Liczebność grupy lub podgrupy	Kody kopalń w grupie	Nr grupy	Liczebność grupy lub podgrupy	Kody kopalń w grupie
I	$X_{11} \in <1 \div 13>$	1101, 1105 1106, 1114 1213, 1313 1314, 1419 1521, 1522 1523, 1526 1611	III	$X_1 \in <1 \div 7>$	1204 1209 1212 1312 1512 1601 1602
	$X_{12} \in <14 \div 29>$	1109, 1131 1207, 1210 1211, 1214 1311, 1316 1412, 1413 1414, 1415 1418, 1425 1604, 1609	IV	$X_1 \in <1 \div 6>$	1327 1524 1701 1702 1703 1705
	$X_{13} \in <30 \div 42>$	1108, 1201 1202, 1231 1315, 1322 1411, 1417 1426, 1513 1605, 1606 1615			
II	$X_1 \in <1 \div 11>$	1107, 1112 1317, 1318 1427, 1527 1607, 1610 1612, 1613 1614			

Tablica 8.3

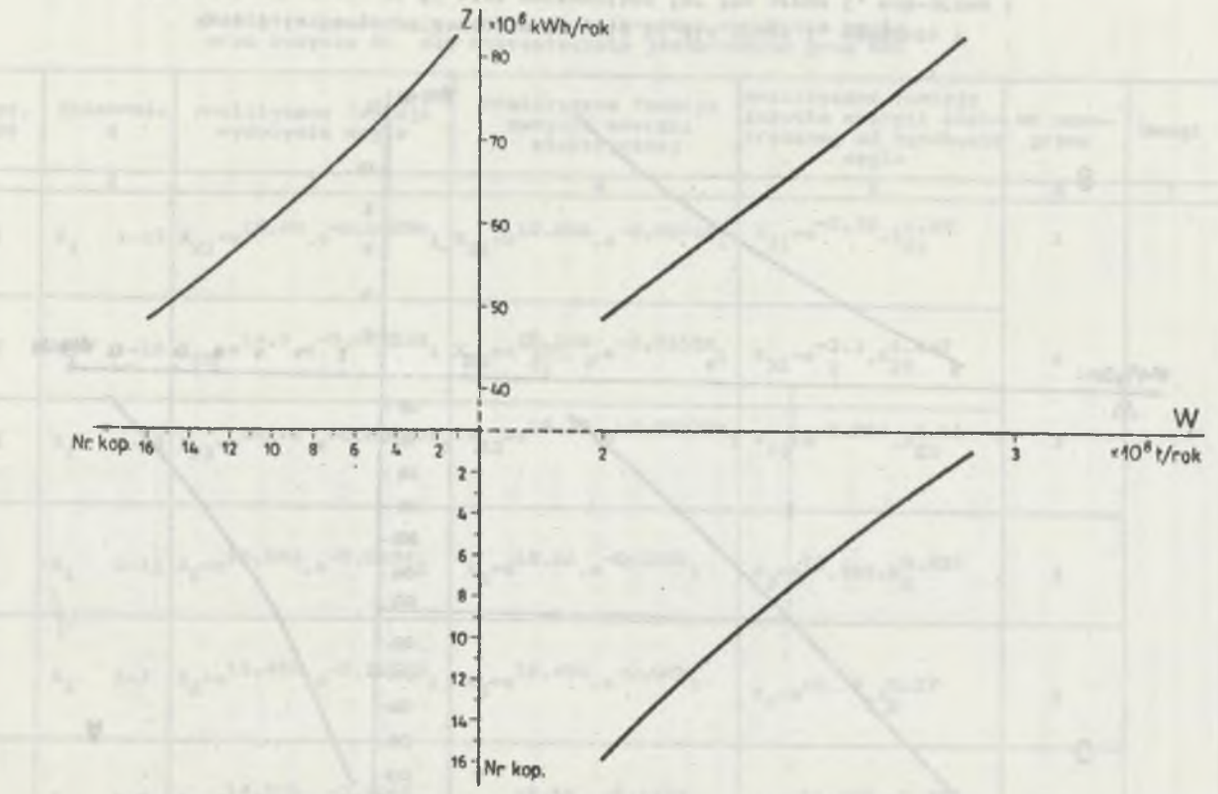
Analityczne funkcje przebiegu zmienności wydobycia węgla oraz zużycia EE dla statystycznie jednorodnych grup KWK

Nr grupy, podgrupy		Zmienność x	Analityczna funkcja wydobycia węgla	Analityczna funkcja zużycia energii elektrycznej	Analityczna funkcja zużycia energii elektrycznej od wydobycia węgla	Nr nomogramu	Uwagi
1		2	3	4	5	6	7
I	1	X_1 1-13	$X_{21}=e^{15.68}.e^{-0,0628X_1}$	$X_{31}=e^{19.066}.e^{-0,0875X_1}$	$X_{31}=e^{-2.78}.X_{21}^{1.39}$	1	
	2	X_1 1-16	$X_{22}=e^{14.9}.e^{-0,02453X_1}$	$X_{32}=e^{18.268}.e^{-0,0355X_1}$	$X_{32}=e^{-3.3}.X_{22}^{1.447}$	2	
	3	X_1 1-13	$X_{23}=e^{14.72}.e^{-0,08657X_1}$	$X_{33}=e^{18.35}.e^{-0,09578X_1}$	$X_{33}=e^{-2.064}.X_{23}^{1.11}$	3	
II		X_1 1-11	$X_2=e^{15.583}.e^{-0,083X_1}$	$X_3=e^{18.66}.e^{-0,038X_1}$	$X_3=e^{11.569}.X_2^{0.453}$	4	
III		X_1 1-7	$X_2=e^{15.458}.e^{-0,1636X_1}$	$X_3=e^{18.494}.e^{-0,06X_1}$	$X_3=e^{12.79}.X_2^{0.37}$	5	
IV		X_1 1-6	$X_2=e^{14.503}.e^{-0,256X_1}$	$X_3=e^{18.66}.e^{-0,119X_1}$	$X_3=e^{11.569}.X_2^{0.453}$	6	

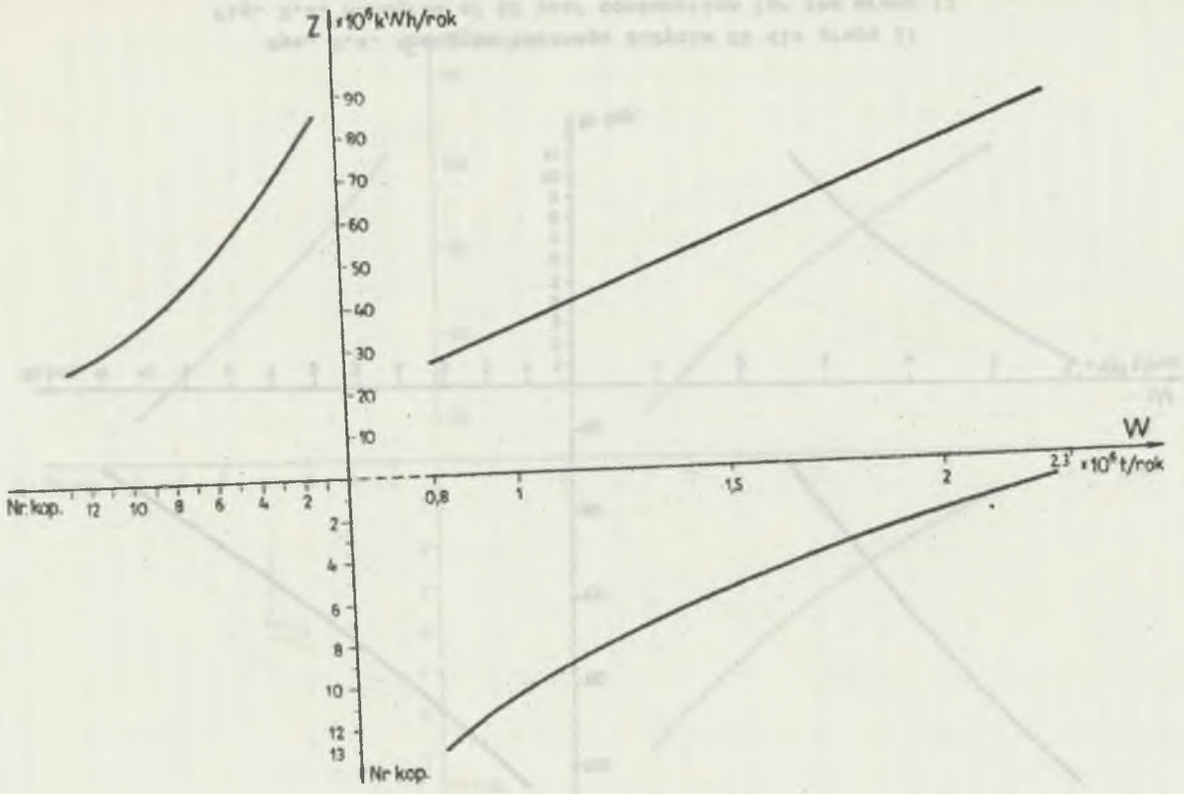


Rys. 8.1. Nomogram rocznego zużycia EE dla grupy I, podgrupy 1

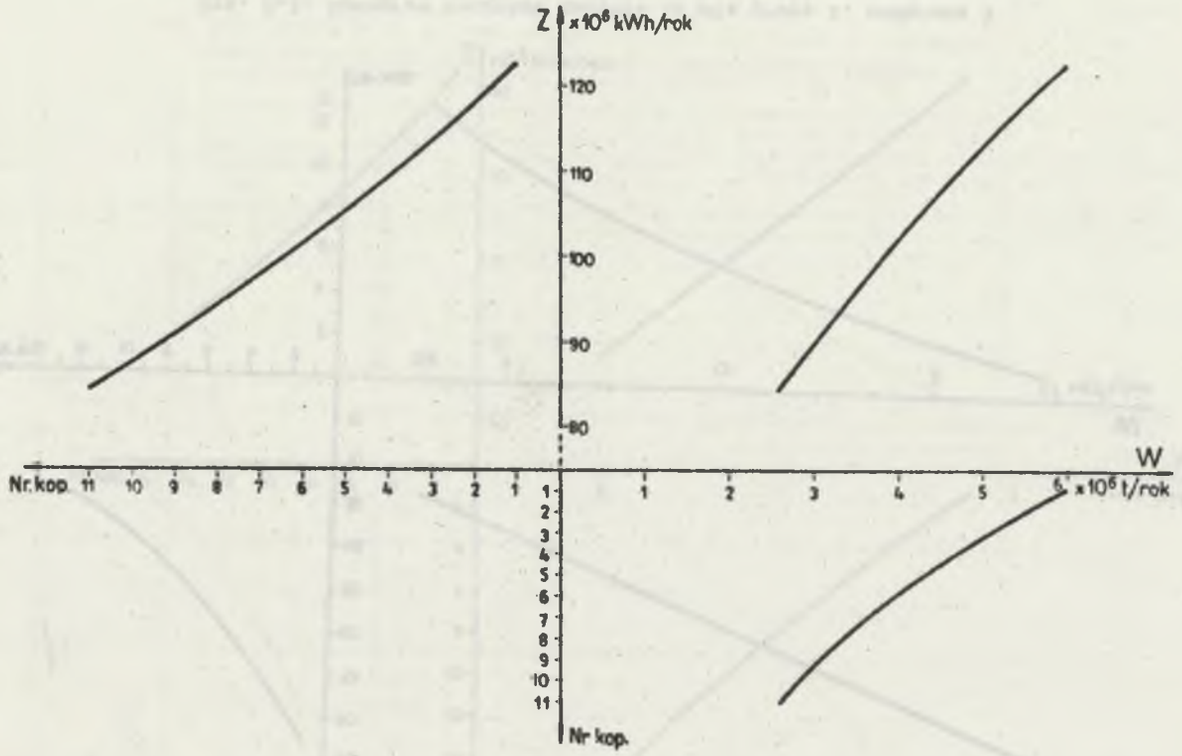
Fig. 8.1. Nomogram of EE year consumption for the group I, sub-group 1



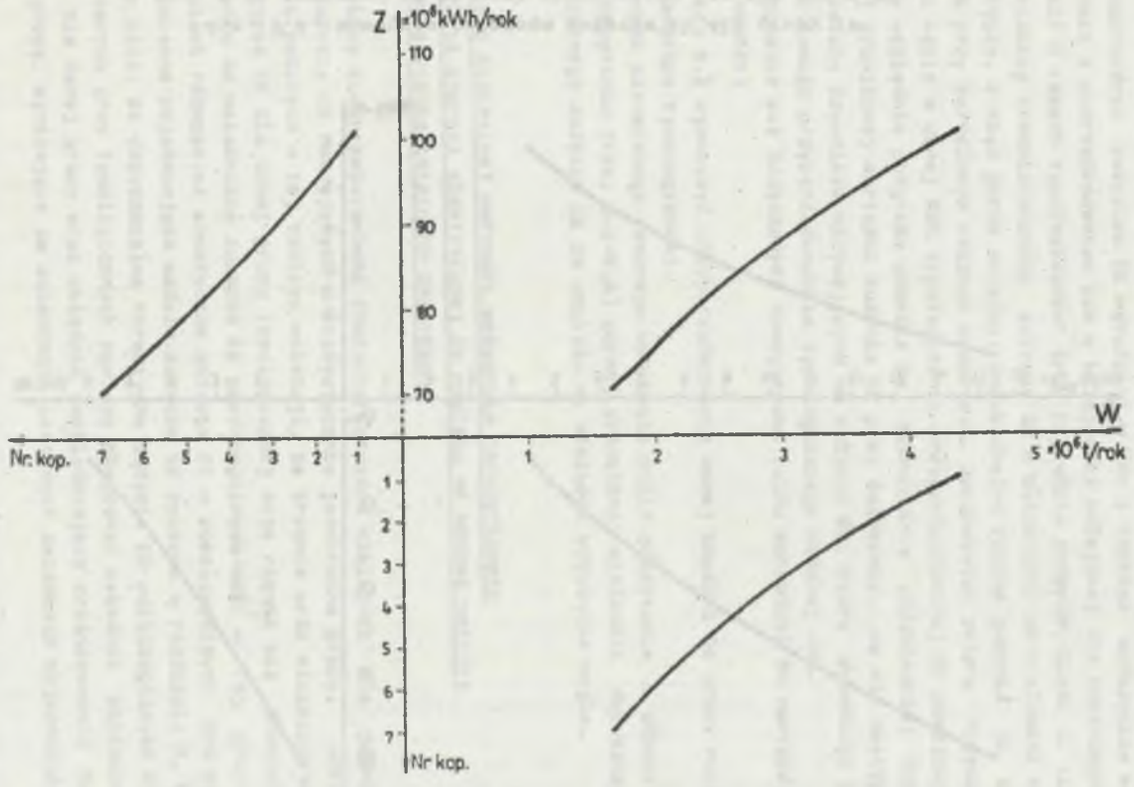
Rys. 8.2. Nomogram rocznego zużycia EE dla grupy I, podgrupy 2
Fig. 8.2. Nomogram of EE year consumption for the group I, sub-group 2



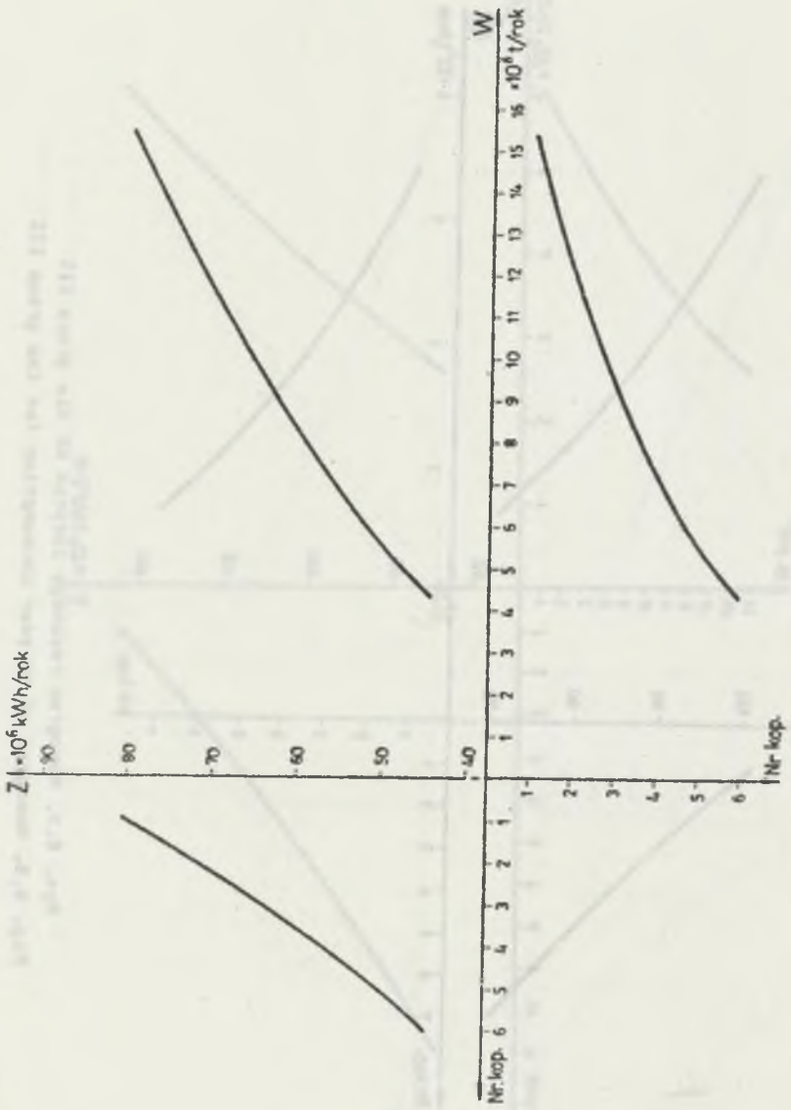
Rys. 8.3. Nomogram rocznego zużycia EE dla grupy I, podgrupy 3
Fig. 8.3. Nomogram of EE year consumption for the group I, sub-group 3



Rys. 8.4. Nomogram rocznego zużycia EE dla grupy II
Fig. 8.4. Nomogram of EE year consumption for the group II



Rys. 8.5. Nomogram rocznego zuzycia EE dla grupy III
Fig. 8.5. Nomogram of EE year consumption for the group III



Rys. 8.6. Nomogram rocznego zużycia EE dla grupy IV
Fig. 8.6. Nomogram of EE year consumption for the group IV

Budowa i sposób posługiwania się nomogramami

Opracowane nomogramy składają się z trzech zasadniczych części, mianowicie A, B, C. Części A oraz B przedstawiają zależności pomiędzy odpowiednio średniorocznym zużyciem EE wyrażonej w kWh i rocznym wydobyciem węgla w tonach a uporządkowaniem ich w kolejności malejącej dla poszczególnych kopalń w ramach typologicznych grup względnie podgrup. Część C ilustruje przebieg średniorocznego zużycia EE w zależności od wielkości wydobycia węgla, a więc górne skrajne, dopuszczalne roczne zużycie EE dla danej KWK przy określonym rocznym wydobyciu. Jakakolwiek zmiana rocznego wydobycia węgla w danej KWK typologicznie przyporządkowanej do poszczególnej grupy względnie podgrupy pozwala na wyznaczenie odpowiedniej dopuszczalnej granicznej wartości zużycia EE przy założeniu, że nie nastąpią istotne zmiany czynników wpływających na zużycie EE, które spowodują konieczność nowego przyporządkowania typologicznego badanej KWK.

Posługiwanie się załączonymi nomogramami można sprawdzić do następujących czynności:

- z tablicy 8.2 wyznaczyć przyporządkowanie danej kopalni do grupy względnie podgrupy typologicznej,
- dla danego planowanego rocznego wydobycia węgla odczytanie z odpowiednich nomogramów (rys. 8.1-8.6) górnej granicznej wielkości dopuszczalnego rocznego zużycia EE ze względu na wielkość wydobycia węgla.

8.3. Metoda minimalnej wartości wskaźnika jednostkowego zużycia energii elektrycznej ze względu na wagową metrykę oddziaływania istotnych zmiennych

W tablicy 8.4 przedstawiono charakterystyczne wielkości dla jednostkowego zużycia EE KWK ujętych w statystycznie jednorodne grupy. Analiza wielkości podanych w tej tablicy wskazuje, że średnie oraz minimalne wskaźniki zużycia EE dla danej grupy typologicznej mogę różnić się znacznie w odniesieniu do wskaźników zużycia EE poszczególnych KWK w tej grupie. Wielkościami różnicującymi sumaryczne zużycie EE w poszczególnych KWK są istotne zmienne objaśniające modelu zużycia EE opisane w rozdziale 7. Stąd przyjęto tezę, że dopuszczalne normatywne zużycie EE poszczególnych KWK w ramach danych grup typologicznych powinny obejmować wskaźnik minimalnego zużycia dla danej grupy oraz składnik uwzględniający zróżnicowanie KWK w ramach grupy, wynikające ze zmienności istotnych zmiennych objaśniających modelu.

Sposób wyznaczania współczynnika korekcyjnego k_i oparto na ważnym pojęciu, jakim jest obraz obiektu wielocechowego, który można zdefiniować w kategoriach ilościowych [54]. Zaproponowaną metodę można zamknąć w niżej podanych etapach badań:

Tablica 8.4

Charakterystyka jednostkowego zużycia EE grup wieloelementowych podziału typologicznego kopalń

Oznaczenie grupy/liczebność	Wielkości charakterystyczne grup x)						
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
I/42	29,450	14,484	55,153	40,669	71,845	8,476	28,78
II/11	26,795	18,743	30,011	19,268	49,812	7,058	26,34
III/7	31,514	21,309	46,361	25,052	61,072	7,814	24,80
IV/6	81,093	25,225	114,910	89,685	828,079	28,776	35,14

x) Oznaczenia:

a_1 - średnie
a_2 - minimum
a_3 - maksimum
a_4 - rozstęp
a_5 - wariancja
a_6 - odchylenie standardowe
a_7 - współczynnik zmienności %

- przyjmując pojęcie obrazu obiektu wielocechowego można zlokalizować dwa punkty odniesienia porównań wielocechowych, a mianowicie dolny P i górny Q biegun zbioru obrazów obiektów (tablice 8.5-8.8),
- za pomocą tych biegunów można określić pozycje każdej KWK na skali analizy gospodarki EE pod względem technicznym i ekonomicznym,
- poprzez znajomość pozycji KWK w grupie staje się możliwe wskazanie dla każdej KWK innej kopalni, która ją bezpośrednio wyprzedza. Wyprzedzający obiekt można interpretować jako swego rodzaju model dla kopalni wyprzedzonej,
- dla wybranych istotnych zmiennych (cech), za pomocą których zdefiniowano obiekty wielocechowe, można dokonać oceny stymulującej siły, jakie wywierają poszczególne zmienne na badaną kopalnię; oceny tej dokonuje się metodą opisaną w [58],
- metodą regresji z koincydencją wyznacza się przyporządkowane poszczególnym zmiennym odpowiednie wagi w_i oraz w konsekwencji zastosowanie ważonej metryki oddziaływania wszystkich zmiennych Δ_i danego obiektu [19],

$$d_i = \left[\sum_{j=1}^{n} w_j (x_{ij} - q_j)^2\right]^{1/2} \tag{8.38}$$

$$|D| = d(P,Q) = \left[\sum_{j=1}^{n} (p_j - q_j)^2\right]^{1/2} \tag{8.39}$$

$$\Delta_i = \frac{d_i}{|D|}. \tag{8.40}$$

- za pomocą biegunów zbioru obrazów obiektów można wyznaczyć ścieżkę optymalnego "rozwoju", a następnie odpowiadającą mu hipotetyczną strategię rozwoju,

$$c_{pq} = \sqrt{1 - |r_{pq}|}. \tag{8.41}$$

gdzie r_{pq} - podobieństwo cech (zmiennych).

Ponieważ

$$0 \leq r_{pq} \leq 1, \qquad \text{stąd} \quad 0 \leq c_{pq} \leq 1$$

W badanym przypadku dla wieloelementowych grup typologicznych wyznaczono ścieżki optymalnego rozwoju, które przedstawiono w tablicy 8.9.

Tablica 8.5

Wartości istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE
dla I grupy typologicznej

Symbole kodów kopalni	x_1	x_3	x_6	x_7	x_9	x_{13}	x_{14}	17	x_{20}	x_{26}	x_{27}	x_{30}	Δ_i	A_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Biegun dolny P	627400	408958	1052454	193284	1890514	309	115	27,7	313724	38189	38189	28200	1,00	14.484
1105	3714200	513755	1052454	424746	10770050	1178	285	79,6	957972	550633	142278	69385	0,321	23.34
1106	3348130	480958	2668355	734503	6896304	1008	226	91,7	935887	799048	115576	56402	0,298	21.005
1108	1444450	1014394	209503	1895691	5996213	546	338	80,3	475608	168782	93697	49378	0,579	45.517
1109	2093100	815189	2682289	948038	5348763	920	220	89,0	540629	[illegible]51	96373	54259	0,221	20.551
1131	2613200	1254136	4285828	1343822	7306990	893	161	43,5	807908	440051	139928	51540	0,324	30.214
1201	1730660	780393	3024003	1219833	5080830	1542	339	59,1	542147	372544	97257	52830	0,201	17.756
1202	758700	778572	2381725	206558	2712139	503	460	73,2	313724	193442	57473	34038	0,373	33.49
1207	2071860	1502530	3316633	1501052	5045774	1838	250	59,9	778396	722648	100349	62401	0,291	27.339
1210	2121050	1402363	2850657	773112	5702928	1201	414	56,5	705754	884375	102642	53825	0,215	24.612
1211	2174380	1262239	4130854	590000	6051781	1047	525	66,2	921537	375826	122192	51842	0,387	35.488
1213	4[illegible]3250	1424765	3303035	1797070	8584802	1651	360	86,5	1221956	518798	144842	67802	0,193	18.036
1214	2864230	1260699	2691029	664748	3242330	801	369	76,2	1094032	598153	74958	49615	0,121	14.484
1231	1859930	617101	2621817	861199	5864303	1665	300	61,7	979230	296894	109342	49266	0,311	30.51
1311	2483685	2819577	5490563	665921	3904517	1579	436	74,1	987416	906552	106392	63380	0,275	25.074
1313	3079520	1701658	4228286	1121772	5574018	1164	115	84,6	1083805	248761	117749	61240	0,243	23.385
1314	3052790	1807077	4946302	1008231	5838908	1859	362	70,6	1060957	576945	115009	76299	0,193	22.16
1316	2220450	695930	2625210	2162089	6250036	1038	313	91,8	698578	650293	123114	46326	0,312	30.987
1322	1348755	1338587	2914309	193281	3191936	1102	487	27,7	589427	282916	60964	55906	0,321	30.532
1411	1132880	1100970	4308619	336783	3447817	1002	574	39,1	739535	190059	88967	58544	0,289	29.261
1412	3024919	1828981	4162956	656822	4100555	1129	626	90,3	1024660	511408	99162	52480	0,197	19.109
1413	2420485	1908583	6336304	661051	5305190	1370	675	74,0	1002985	538035	139289	80420	0,345	33.753
1414	2221145	1432125	3991996	1577432	4994868	913	632	95,9	962219	646323	107842	54455	0,331	30.531
1415	2369335	1610184	3408638	737910	5143878	759	653	94,4	774952	415937	102660	68604	0,302	26.331

- 90 -

cd. tablicy 8.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1417	1249240	2219673	3753553	982152	4820829	750	663	71.6	1019182	112468	102893	65704	0,541	48,814
1418	2267455	1811619	3999710	1027894	4841987	795	794	89,9	736773	902959	106100	86553	0,379	25.773
1425	2533180	1277911	3507409	1794202	5935379	1562	442	65,9	892185	304749	113314	70130	0,257	26.191
1426	1246480	1188759	5084632	521499	4586034	309	688	87,3	1156932	703680	116048	77008	0,618	55.153
1513	2057687	1761170	4753087	1531974	9062738	1391	408	92,1	948424	469263	165790	75609	0,518	40.815
1604	2068555	2564378	9540454	520746	4925335	1400	600	77,0	773906	706115	150435	70571	0,444	38.879
1606	1998790	2186537	5330842	823367	5549912	1591	304	85,8	763176	493268	106282	38413	0,267	25.666
1615	627400	410433	1941323	205232	1890514	703	423	54,0	640434	696501	38189	28200	0,328	38.727
1101	4901500	2783915	5525604	3011248	10091144	2048	461	83,9	1090681	770773	259401	129398	0,322	32.239
1114	7621030	2774149	9222472	4826630	10136132	2197	465	92,0	1709507	926538	316303	136310	0,231	25.403
1419	4368500	356303	13023157	926009	7860360	1844	523	87,0	1805207	1300091	250602	88680	0,303	30.302
1521	5549184	4819002	13391959	1341774	8273937	3179	630	87,2	2338993	2390900	259980	139422	0,282	28.017
1522	4401867	3147085	13186341	2133364	7384872	2099	771	82,4	1734912	1685990	210744	92456	0,401	24.780
1523	4334040	2789876	6305554	2305645	7868529	2392	546	98,8	3491726	1108896	170089	82345	0,123	19.044
1526	4071915	4043565	10079880	2303903	8998555	3052	511	95,8	1832733	1451780	228940	104180	0,574	26.036
1611	3253110	2995766	12380457	2759769	99212[illegible]	1869	307	48,7	1599247	533510	202226	118789	0,672	33.115
1609	2344390	3025877	9494128	1444876	4521795	3590	459	41,0	8360066	295795	100000	123374	0,783	25.144
1315	1706380	932130	1278508	4157052	2792520	1338	527	78,9	866603	212300	115009	45998	0,214	39.645
1605	1115320	1683809	1384582	3535418	4193062	1201	453	44,1	490886	176606	85694	45667	0,554	38.303
Biegun górny Q	7621030	4819002	13391050	4026630	10136132	3590	794	98,8	1038681	2390900	316303	139422	0,00	55.153
$\bar{x}_j$	3236867	1380008	3727434	957766	5482025	1135	436	73,6	845494	506857	108520	58981	-	29.450

- 91 -

Tablica 8.6

Wartości istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE
dla II grupy typologicznej

Symbole kodów kopalń	x_1	x_3	x_6	x_7	x_9	x_{13}	x_{14}	x_{17}	x_{20}	x_{26}	x_{27}	x_{30}	Δ_1	A_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Biegun dolny P	2694260	263373	4467148	296433	4438003	1376	334	72,3	1071963	253274	124484	70181	1,00	18.814
1107	3875300	3027839	4464148	1859085	10588447	1807	447	89,6	1099609	760674	182911	76776	0,314	29.108
1112	6252920	2501367	6571115	296433	10514506	1927	522	90,4	1564389	1047134	205027	98360	0,123	18.814
1317	4362075	2608662	6682880	3340582	10622603	1564	586	87,9	1616806	578541	185250	70181	0,302	25.294
1427	4619495	2633163	5302960	3057706	7799532	1376	561	92,3	1137479	253274	157500	92158	0,124	20.731
1318	5573725	4415638	10930275	1153108	8987272	1871	518	92,7	1229804	584983	205681	99473	0,138	21.397
1527	4314635	3654472	7036929	620397	4438003	1908	455	95,6	1071963	735303	137699	111470	0,131	18.943
1607	4267910	2799071	8497527	585211	7732664	1939	334	93,3	1135265	998196	151887	72418	0,201	19.698
1610	2694260	2371123	10986121	1139654	7497818	1415	449	72,3	1222853	594347	154805	106958	0,517	34.417
1612	3081370	4332043	9940258	432797	5054565	1915	339	81,8	1494563	1993406	124484	122267	0,493	34.294
1613	2769200	3932835	16641147	926558	9335912	1905	582	89,1	1507650	413859	173517	117857	0,627	38.011
1614	2927957	3483079	17191572	1598030	5319629	2143	607	83,0	1431049	904834	167644	97434	0,543	34.243
Biegun górny Q	6252920	4415638	17191572	3340582	10622603	2143	607	95,6	1616806	1047134	205681	122267	0,00	38.011
$\bar{x}_j$	4067168	3035409	9476812	1364505	7990086	1804	491	88,0	1319293	715868	167855	96759	-	26.795

Tablica 8.7

Wartości istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE
dla III grupy typologicznej

Symbole kodów kopalń	x_1	x_3	x_6	x_7	x_9	x_{13}	x_{14}	x_{17}	x_{20}	x_{26}	x_{27}	x_{30}	Δ_1	A_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Biegun dolny P	1716040	1385502	3735217	527250	934690	1859	223	0	708904	140129	112874	70029	1,00	21.309
1204	1910000	1385502	3735217	527250	5622760	2103	223	0	765963	239108	112874	75856	0,401	31.322
1209	3228170	1573009	6941957	796098	5920068	3198	478	40,2	1428160	690513	153422	103648	0,135	21.309
1212	4085470	1338678	4709257	1381716	10140810	2916	341	39,0	1543908	496010	184114	106230	0,237	24.827
1312	3771700	1765643	5518301	1839427	934690	3631	421	54,4	1214199	359175	168052	74217	0,321	26.836
1512	1716040	1827097	4898933	683965	6168267	2695	660	21,4	923695	140129	133091	112271	0,618	46.361
1601	2590940	1698295	6072039	1425118	9396692	2747	561	77,8	986904	438335	161147	79951	0,387	32.773
1602	2094045	2799080	5626998	1680002	7342927	1859	533	28,4	708904	416001	146471	70029	0,431	37.299
Biegun górny Q	4085470	2799080	6941957	1839427	10140810	3198	660	77,8	1543908	690513	184114	106230	0,00	46.361
$\bar{x}_j$	2856624	1769615	5357529	1181953	6651557	2593	525	37,3	1081390	397039	151310	88686	-	31.514

Tablica 8.8

Wartości istotnych zmiennych objaśniających zużycia EE
dla IV grupy typologicznej

Symbole kodów kopalń	x_1	x_3	x_6	x_7	x_9	x_{13}	x_{14}	x_{17}	x_{20}	x_{26}	x_{27}	x_{30}	Δ_1	A_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Biegun dolny P	477980	120609	1052460	305550	2218368	1069	249	0	353171	158260	67306	46474	1.00	25.225
1327	1739270	120609	3886645	1016276	4592093	2498	332	2,8	829554	158260	83158	57604	0,235	25.225
1524	1090250	2032821	5615076	433452	5214742	2215	438	0	1009419	537328	129958	64600	0,417	71.618
1701	720792	510765	1052460	450575	6070040	1624	280	0	627908	336200	123202	61580	0,618	95.496
1702	501970	350752	2380725	305550	2715140	2434	310	0	612599	388568	67306	46474	0,685	101.273
1703	477980	250667	1780645	408565	2218368	1069	249	0	353171	187583	93877	57971	0,710	114.903
1705	868372	276289	3617070	583430	4510000	1791	296	0	689637	306970	118449	59943	0,456	82.835
Biegun górny Q	1739270	2032821	5615076	1016276	6070040	2498	438	2,8	1009419	537328	129958	64600	0,00	114.903
$\bar{x}_j$	755044	590317	3055437	532975	4220064	1939	318	0,5	687055	319152	102658	58029	-	81.893

Tablica 8.9

Ścieżki optymalnego rozwoju dla poszczególnych grup wieloelementowych
typologicznego podziału

Nr grupy	Strategia optymalne wartości zmiennych[x)]												
	x_1(opt)	x_3(opt)	x_6(opt)	x_7(opt)	x_9(opt)	x_{13}(opt)	x_{14}(opt)	x_{17}(opt)	x_{20}(opt)	x_{26}(opt)	x_{27}(opt)	x_{30}(opt)	x_{31}(opt)
I/31	3120450	1300000	3501100	857600	5500000	1020	450	75,0	910000	506900	120000	65700000	60500
II/11	3271421	2905745	9480910	1254772	7720510	1905	467	89,0	1200918	812402	174000	100973	106850
III/7	3001200	1670500	4900201	1101903	6650000	2560	495	68,0	1100020	450600	150450	8090200	90000
IV/6	750000	550000	3000500	540900	4500000	1850	350	0,5	720000	320100	110000	62000000	57000

x)Oznaczenia zmiennych jak w tablicy 6.2.

Tablica 8.10

Zestawienie wskaźników jednostkowego zużycia EE kopalń węgla w typologicznych grupach obliczonych wzorem (8.43)

Grupa		Kod KWK	A_{zi} [kWh/t]	Grupa		Kod KWK	A_{zi} [kWh/t]	Grupa	Kod KWK	A_{zi} [kWh/t]
I	1	1101	18,477		2	1604	17,759	III	1204	25,084
		1105	18,483			1609	15,762		1209	26,761
		1106	18,619		3	1108	16,964		1212	26,118
		1114	19,013			1201	19,190		1312	25,588
		1213	19,237			1231	18,542		1512	23,717
		1313	18,942			1315	19,113		1601	25,173
		1314	19,237			1322	18,483		1602	24,895
		1419	18,589			1202	18,177	IV	1327	33,838
		1521	18,713			1411	18,672		1524	30,858
		1522	18,012			1417	17,108		1701	27,566
		1523	19,649			1426	16,734		1702	26,468
		1528	16,993			1513	17,323		1703	26,059
		1611	16,416			1605	17,111		1705	30,219
	2	1109	19,072			1606	18,802			
		1131	18,465			1615	18,442			
		1207	18,660	II		1107	22,419			
		1210	19,107			1112	23,443			
		1211	18,095			1317	22,484			
		1214	19,661			1318	23,362			
		1311	18,754			1427	23,437			
		1316	18,536			1527	23,399			
		1412	19,214			1607	23,025			
		1413	18,342			1610	21,331			
		1414	18,424			1612	21,460			
		1415	18,595			1613	20,742			
		1418	18,595			1614	21,192			
		1425	18,860							

Zatem jednostkowy wskaźnik zużycia EE dla poszczególnych i-tych KWK w danej grupie typologicznej nie powinien przekroczyć wartości

$$A_{zi} = A^{min}_{z(gr)} + k_i A^{śr}_{z(gr)} \cdot 0{,}2, \qquad (8.42)$$

gdzie:

$k_i \overset{df}{=} 1 - \Delta_i$ - współczynnik korelacji.

Stąd:

$$A_{zi} = A^{min}_{z(gr)} + 0{,}2(1 - \Delta_i) \cdot A^{śr}_{z(gr)} \qquad (8.43)$$

Pierwszy składnik we wzorze (8.43) przedstawia wskaźnik minimalnego zużycia EE w danej grupie. Zaś drugi składnik uwzględnia miejsce danej KWK w grupie typologicznej ze względu na Δ_i - wskaźnik rozwoju. Wartości obliczeniowych wzorem (8.43) normatywów zużycia EE dla poszczególnych grup KWK przedstawiono w tablicy 8.10.

8.4. Wnioski

Przedstawione w niniejszym rozdziale metody wyznaczenia normatywów zużycia EE w KWK dotyczą wskaźników zakładowych. Wyznaczenie normatywów zużycia EE dla poszczególnych KWK przeprowadzono w typologicznych grupach kopalń, te z kolei otrzymano biorąc pod uwagę istotne zmienne wpływające na wielkość zużycia EE.

Przedstawione metody wyznaczenia normatywów zużycia EE upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

1. Metoda oparta na minimalnym prawdopodobieństwie przekroczenia średniego zużycia EE daje możliwość przeprowadzenia ogólnej ilościowej oceny gospodarki elektroenergetycznej 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, utworzonej z istotnych zmiennych objaśniających zużycie EE.

Znając kopalnię-przewodnika w danej grupie typologicznej, tj. kopalnię o najniższym prawdopodobieństwie przekroczenia zużycia EE, można przyjąć, że jej zużycie EE stanowi wielkość normatywną dla całej KWK i poszczególnych węzłów technologicznych, łącznie dla wszystkich KWK w danej grupie.

2. Analiza zmienności zużycia EE oraz wydobycia węgla w KWK przy jednoczesnym uwzględnieniu pozostałych istotnych zmiennych wpływających na zużycie EE w typologicznych grupach KWK pozwoliła na wyznaczenie funkcji przebiegów zużycia EE oraz wydobycia węgla. Funkcje przebiegów tych wielkości przedstawiono w postaci:

- wzorów analitycznych,
- graficznej; w formie nomogramów.

Opracowane nomogramy ułatwiają szybkie określenie dopuszczalnych wielkości wskaźników zużycia EE dla poszczególnych KWK.

3. Metoda minimalnej wartości wskaźnika normatywnego z korekcją dokonuje wyrównywania w ramach badanej grupy typologicznej zużycie EE w zależności od wartości współczynnika rozwoju danej kopalni Δ_i. Metoda ta daje dobre dopuszczalne wskaźniki zużycia EE, o ile rzeczywiste wskaźniki zużycia EE badanej KWK zbliżone są do średniej wartości wskaźnika danej grupy.

Współczynnik liczbowy 0.2, występujący we wzorze (8.43), został przyjęty w oparciu o przeprowadzoną analizę porównawczą dla całej populacji kopalń przemysłu węglowego.

4. Analiza porównawcza przedstawionych metod wskazuje, że zaproponowana metoda probabilistycznej oceny gospodarki EE ujmuje w sposób obiektywny te oceny i łącznie z metodą nomogramów służy do określenia obliczeniowych normatywów granicznych, dopuszczalnych w zużyciu EE dla KWK.

Normatywy zużycia EE obliczone wzorem (8.43) dają wartości zawyżone szczególnie dla KWK oddalonych od środka szeregu pozycyjnego w danej grupie typologicznej.

9. WSKAŹNIKI AGREGATOWE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ DLA KOPALNI WĘGLA

9.1. Pojęcie wskaźnika agregatowego zużycia energii elektrycznej

Obowiązujące od 1971 r. zasady wyznaczania wskaźników jednostkowego zużycia energii w ogóle, w tym także EE, wprowadzają do krajowego systemu sprawozdawczości statystycznej i planowania trzy podstawowe pojęcia 44 :

- wskaźnika technologicznego, określającego zużycie energii w obrębie stosowanej technologii produkcji,
- wskaźnika produkcyjnego, obejmującego zużycie energii w procesie podstawowym produkcyjnym, łącznie z procesami pomocniczymi,
- wskaźnika zakładowego, związanego z zasilaniem zakładu (tj. np. KWK) w energię.

Powyższe wskaźniki obejmują swym zakresem gospodarkę energetyczną, w szczególności EE wyłącznie w obrębie danego zakładu przemysłowego, a podstawą ich określenia jest bilans energetyczny. Ze względu na zachowanie ciągłości strumienia EE, począwszy od pozyskania jej aż do wejścia w proces technologiczny, poziomy bilansowania muszą spełniać następujące warunki:

- nawiązywać do ogólnokrajowych poziomów bilansowania paliw i energii,
- odpowiadać obowiązującym organizacyjnym poziomom struktur zarządzania.

Uwzględnienie tych założeń umożliwia scalenie wskaźników jednostkowego zużycia EE za pomocą równania w postaci:

$$A_r = A_{t1} \cdot W_1 + A_{t2} \cdot W_2 + \ldots + A_{ti} \cdot W_i + A_{tn} \cdot W_n, \qquad (9.1)$$

gdzie:

A_r - sumaryczne zużycie EE w KWK, typologicznych grupach kopalń względnie przemysłu węglowego,

A_{ti} - jednostkowe wskaźniki zużycia EE.

Wyznacznikami równania (9.1) są:

- dla poszczególnych kopalń - wskaźniki technologiczne zużycia EE,
- dla typologicznych grup kopalń oraz przemysłu węglowego - wskaźniki zakładowe, sumaryczne zużycie EE.

Wskaźniki technologiczne zużycia EE określają bezpośrednie zużycie energii w poszczególnych ogniwach procesów produkcyjnych, pomocniczych i usługowych. Dzięki temu są one porównywalne z odpowiednimi wskaźnikami wyznaczonymi dla tych samych procesów realizowanych w różnym czasie i przestrzeni. Umożliwia to wykorzystanie technologicznego jednostkowego wskaźnika zużycia EE obok wskaźnika sumarycznego, zakładowego do [2]:

- prognozowanie zużycia energii w procesach produkcyjnych (podstawowych, pomocniczych) i usługowych,
- racjonalizacji gospodarki elektroenergetycznej.

Wiadomo, że proces wydobywczy KWK cechuje się jednorodnym produktem wyjściowym, ale zróżnicowanie warunków geologiczno-górniczych oraz górniczo-technicznych powoduje zmienność programów procesu wydobywczo-przeróbczego. Stosowanie w takiej sytuacji wartości dopuszczalnych granicznych normatywów zużycia EE może prowadzić do niedokładnych wyników w zakresie prognozowania zużycia energii i optymalizacji gospodarki EE.

Wyeliminowanie tego mankamentu umożliwiają wskaźniki agregatowe, które zdefiniowano następująco [2]:

$$A_i = A_{ti} \cdot P_i, \quad [kWh] \tag{9.2}$$

gdzie:

A_i - roczne zużycie EE w wydzielonych ogniwach, odpowiednio procesów produkcyjnych (podstawowych i pomocniczych) oraz usługowych dla poszczególnych KWK przyporządkowanych do danych grup typologicznych,

P_i - suma rocznego wydobycia węgla przez poszczególne KWK danej grupy typologicznej.

Zależność (9.2) dla znanych wartości iloczynu pozwala ustalić roczne zużycie EE w procesach realizowanych bieżąco i w przyszłości. Jednak ze względu na statyczny charakter nie nadaje się do prognozowania jednostkowego zużycia EE. Przystosowanie tego agregatowego wskaźnika do obliczeń dynamicznych wymaga uwzględnienia ewolucyjnych zmian zachodzących w procesie produkcyjno-wydobywczym w wyniku jego modernizacji, obniżenia energochłonności. Zmiany te można opisać funkcją logistyczną w postaci:

$$\varphi(A_i) = \frac{\varphi(A_i)_{max}}{1 - b \cdot e^{-a\tau}}, \tag{9.3}$$

gdzie:

$\varphi(A_i)_{max}$ - maksymalne obniżenie wartości wskaźnika uzasadnione technicznie i możliwe do uzyskania w danych warunkach (patrz punkt 8.1),

a, b - parametry strukturalne,

e - stała Eulera,

τ - indeks czasu.

Wartość wyrażenia $\varphi(A_i)$ może być określona metodą opisaną w punkcie 8.1 na podstawie odległości danej kopalni od przodownika grupy typologicznej lub w stosunku do zagranicznych wzorców o przodującej technice w górnictwie. Po wprowadzeniu funkcji (9.3) do wyrażenia (9.2) otrzymuje się zależność:

$$A_{i\tau} = A_{ip} - \frac{\varphi(A_i)_{max}}{1 - b \cdot e^{-a\tau}}, \tag{9.4}$$

gdzie:

A_{ip} - wartość technologicznego agregatowego wskaźnika w roku początkowym,

$A_{i\tau}$ - obliczona wartość wskaźnika agregatowego w badanym okresie.

Wartość umowną optymalnego wskaźnika agregatowego zużycia EE określić można w postaci:

$$A_{i\ opt} = A_{ip} - \varphi(A_i)_{max} \tag{9.5}$$

Przedstawione wskaźniki agregatowe zużycia EE stanowią interesującą propozycję oceny gospodarki elektroenergetycznej dla KWK. Podstawowym warunkiem ich stosowania jest posiadanie:

- odpowiedniego podziału całokształtu gospodarki KWK na ogniwa technologiczne,
- zbioru danych obserwacyjnych będących wynikiem pomiarów zużycia EE w poszczególnych ogniwach technologicznych.

9.2. Dekompozycja zużycia energii elektrycznej w kopalni węgla na zbiór wskaźników agregatowych

W przemyśle węglowym liczba poszczególnych miejsc pracy, zwłaszcza na dole, jest znaczna. Ustalenie zużycia EE bezwzględnie w każdym przodku wydobywczym, punkcie obsługi, czy miejscu prowadzenia robót, stwarza duże trudności techniczne. Aby uniknąć takich komplikacji zastosowano system uproszczony, polegający na tym, że wszystkie miejsca pracy spełniające takie same lub bardzo podobne funkcje w procesie eksploatacyjnym łączy się w jeden agregat. W konsekwencji jeden agregat może występować w różnych oddziałach organizacyjnych, a w jednym oddziale organizacyjnym występuje

szereg agregatów. Takie ujęcie zagadnienia umożliwia kontrolę procesu produkcyjnego i usługowego poprzez obserwację tych agregatów, w których następują odchylenia od normatywnych ustaleń w przebiegu procesu. Stosowanie różnych rozwiązań w procesie eksploatacyjnym pociąga za sobę również dostosowanie układu agregatów do zachodzących zmian w procesie technologicznym poszczególnych kopalń.

Dla określenia zbioru wskaźników agregatowych zużycia EE w KWK posłużono się "Wykazem stanowisk kosztów dla kopalń węgla kamiennego", wydanym przez MGiE w 1980 r. [45], [46], [47]. Przy dokonanym wyborze kierowano się przeświadczeniem, że rachunek kosztów w KWK obejmuje całokształt działalności KWK w tym również koszty EE.

Propozycję klasyfikacji agegatowych wskaźników zużycia EE dla KWK przedstawiono w tablicy 9.1:

- dół kopalni - odpowiednie wskaźniki oznaczono przez - W,
- powierzchnię kopalni - odpowiednie wskaźniki oznaczono literą P.

Ponadto każdy wskaźnik agregatowy zaopatrzono indeksem dwucyfrowym z wyjątkiem niektórych wskaźników dla powierzchni kopalni.

Tablica 9.1

Propozycja klasyfikacji agregatowych wskaźników zużycia EE dla KWK

A. Dół kopalni

Lp.	Nazwa wskaźnika agregatowego	Oznaczenie	Opis zakresu zużycia energii elektrycznej
1	2	3	4
1	Roboty wąskie	W_{10}	
	- otwory wiertnicze	W_{11}	- agregaty wiertnicze
	- budowle górnicze	W_{12}	kołowroty, maszyny przodkowe, przenośniki przodkowe aż do przesypu na przenośnik zbiorczy włącznie lub na wozy
	- chodniki kamienne	W_{15}	
	- chodniki kamienno-węglowe	W_{14}	
	- chodniki węglowe	W_{15}	
2	Zabierki	W_{20}	- urządzenia pracujące w przodkach
3	Ściany i ubierki	W_{30}	- urządzenia pracujące w przodkach wybierkowych, kołowroty do rabowania obudowy
4	Transport:	W_{40}	
	- odstawa pozaprzodkowa	W_{41}	- silniki napędów przenośników, kołowrotów, szybików

cd. tablicy 9.1

1	2	3	4
	- główny urobku	W_{42}	- elektrowozy, zasilanie pomp obiektów hydrotransportu, wywrot przesiewczy itp.
	- ciągnienie urobku na powierzchnię szybami	W_{43}	- zapychaki, popychaki, wywroty i kolejki łańcuchowe
	- ciągnienie urobku na powierzchnię upadowymi	W_{44}	- kołowroty dołowe
	- główny materiałów i urządzeń	W_{45}	- lokomotywny przeznaczone wyłącznie do obsługi transportu materiałowego
	- oddziałowy materiałów i urządzeń	W_{46}	- kolejki wiszące, oddziałowe lokomotywy przeznaczone do transportu materiałów, narzędzi, sprzętu itp.
	- załogi	W_{47}	- wyciągi krzesełkowe lub inne osobowe kolejki linowe względnie lokomotywy w czasie kursów pociągów osobowych
5	Wyposażenie, utrzymanie i likwidacja wyrobisk	W_{50}	
	- utrzymanie wyrobisk wąskich	W_{51}	
	- demontaż wyposażenia wyrobisk wąskich	W_{52}	
	- likwidacja wyrobisk wąskich	W_{53}	- dmuchawki, mioterki używane przy podsadzaniu wyrobisk wąskich
	- odzysk i regeneracja obudowy chodnikowej	W_{54}	- energia giętarek
	- demontaż wyposażenia wyrobisk wybierkowych	W_{55}	- kołowroty rabunkowe
6	Pozostałe procesy technologiczne na dole:	W_{60}	
	- podszadzka płynna poza przodkiem	W_{61}	- przepompowanie wody osadnikowej podsadzkowej
	- podsadzka sucha poza przodkiem	W_{62}	- napędy kruszarek oraz ew. odrębnych urządzeń transportowych dla podsadzki suchej
	- zaopatrywanie w energię powietrza sprężonego od nadszybia aż do przodków	W_{63}	- napędy sprężarek dołowych

cd. tablicy 9.1

1	2	3	4
	- zaopatrzenie dołu kopalni w wodę od szybu aż do przodków	W_{64}	- specjalne pompowanie dołowe zaopatrujące w wodę sieć dołowych rurociągów wodnych
	- elektronika, teletechnika, telefonia	W_{65}	- zasilanie urządzeń teletechnicznych, telefonii, trolejfonii, radiofonii, rejestracji zdalnej czynnej, obserwacji zdalnej, automatyki transportu dołowego i pionowego, dyspozytorni dołowej oraz powierzchniowej od zrębu szybu w dół
	- odwadnianie	W_{66}	- pompownie główna
	- przewietrzanie	W_{67}	- wentylatory główne, pomocnicze i lutniowe
	- przeróbka mechaniczna węgla na dole	W_{68}	- urządzenia i napędy przeróbki mechanicznej węgla na dole
7	Pozostałe roboty i usługi na dole	W_{70}	
	- utrzymanie warsztatów i posterunków napraw	W_{71}	- maszyny warsztatowe
	- obsługa strzelnicze	W_{72}	- sprężarki Armstrong, Cardex zabudowane na dole

B. Powierzchnia kopalni

1	2	3	4
1	Szyby, sztolnie i upadowe na powierzchni	P_{10}	- maszyna wyciągowa, kołowrót wyciągowy oraz urządzenia znajdujące się na nadszybiu
2	Wyrobiska pozostałe	P_{20}	- maszyna wyciągowa, wentylatory oraz inne urządzenia na szybach materiałowych i podsadzkowych oraz oświetlenie
3	Zakład przeróbki mechanicznej węgla	P_{30}	
	Sortownia i stacja przygotowania węgla	P_{31}	- urządzenia znajdujące się w tym obiekcie
	- transport urobku, kruszenie i przesiewanie	P_{311}	- urządzenia elektryczne znajdujące się w tym obiekcie
	- wzbogacanie ręczne węgla	P_{312}	- urządzenia elektryczne znajdujące się w tych obiektach
	- magazynowanie węgla w zbiornikach	P_{313}	

cd. tablicy 9.1

1	2	3	4
	- załadunek węgla do wagonów	P_{314}	- urządzenia elektryczne znajdujące się w tych obiektach
	Płuczka	P_{32}	
	- transport urobku, kruszenie i przesiewanie	P_{321}	- energia elektryczna napędów maszyn i urządzeń znajdujących się w tych obiektach
	- wzbogacanie węgla w płuczkach	P_{322}	-
	- magazynowanie węgla w zbiornikach	P_{323}	-
	- załadunek węgla do wagonów	P_{324}	-
	Gospodarka wodno-mułowa		
	- osadniki i stawy	P_{331}	- napędy maszyn i urządzeń elektrycznych
	- eksploatacja mułów z osadników i stawów	P_{332}	-
	Flotacja	P_{34}	- napędy maszyn i urządzeń elektrycznych
	- transport węgla	P_{341}	
	- wzbogacenie flotacyjne węgla	P_{342}	
	- magazynowanie węgla w zbiornikach	P_{343}	
	- stacje odwadnianie odpadów flotacyjnych	P_{344}	
	Suszenie termiczne węgla	P_{35}	- napędy maszyn elektrycznych tego stanowiska
	- wzbogacanie obcego węgla w płuczkach	P_{36}	- napędy maszyn i urządzeń znajdujących się w tym obiekcie oraz zużywanie EE do wm. celu
4	Zwały węgla	P_{40}	- napędy maszyn i urządzeń elektrycznych tego stanowiska
	- składowanie węgla na zwałowiskach	P_{41}	
	- zbieranie węgla ze zwałów i załadunek	P_{42}	
	- utrzymanie zwałowisk	P_{43}	
5	Ścieki	P_{50}	- energia elektryczna zużywana przez przepompowanie

cd. tablicy 9.1

1	2	3	4
6	Pomocnicze wydziały na powierzchni	P_{60}	- napędy maszyn i urządzeń elektrycznych znajdujących się na stanowiskach pracy
	- energetyczny	P_{61}	
	- kotłownia	P_{611}	
	- stacje i węzły ciepłownicze	P_{612}	
	- sprężarnie powietrza na powierzchni	P_{613}	
	- wydziały wody pitnej	P_{614}	
	- wydziały wody przemysłowej	P_{615}	
	Wydziały naprawcze	P_{62}	- napędy maszyn i urządzeń elektrycznych znajdujących się na stanowiskach pracy
	- mechaniczny	P_{621}	
	- elektryczny	P_{622}	
	- nawijalnia silników	P_{623}	
	- wulkanizacyjny	P_{624}	
	- galwanizacyjny	P_{625}	
	- regeneracji obudowy	P_{626}	
	Wydziały pomocniczo-produkcyjne	P_{63}	- napędy maszyn i urządzeń elektrycznych znajdujących się na stanowiskach pracy
	- piaskownie kopalniane	P_{631}	
	- kruszenie kamienia	P_{632}	
	- wytwórnia prefabrykatów górniczych	P_{633}	
	- nasycalnia drewna	P_{634}	
	- wytwórnia tlenu	P_{635}	
	- tartaki	P_{636}	
	- cegielnie	P_{637}	
	- inne wydziały pomocniczo-produkcyjne	P_{638}	

9.3. Wyznaczenie metodami statystycznymi wskaźników agregatowych zużycia energii elektrycznej

Dla zbioru wskaźników agregatowych zebrano dane statystyczne w okresach miesięcznych za lata 1982, 1983 oraz pierwsze półrocze 1984.

Zadanie zmierzało do oszacowania nadziei matematycznej zmiennej losowej X za pomocą przedziału ufności, której wariancja jest znana i równa σ^2. Odnośnie do rozkładu zmiennej X zużycie EE w agregatach przyjęto jedno z dwu następujących założeń:

1) zmienna losowa X ma rozkład $N(\mu,\sigma)$, a średnia z próby X rozkład $N(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$ przy dowolnej wielkości próby;

2) zmienna losowa X ma rozkład różny od normalnego, jednak próba jest na tyle duża, że można przyjąć, iż średnia z próby ma w przybliżeniu rozkład $N(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$, co wynika ze znanego twierdzenia Lindberga-Levy'ego [44].

Jeżeli spełnione jest jedno z tych założeń, wówczas standaryzowana zmienna losowa $\frac{\bar{x}-\mu}{\sigma}\sqrt{n}$ ma rozkład N(0,1). Oznacza to z kolei, że można znaleźć taką liczbę α, aby spełniona była relacja

$$P\left\{-\alpha \leqslant \frac{\mu-\bar{x}}{\sigma}\sqrt{n} \leqslant \alpha\right\} = \gamma, \tag{9.6}$$

przy czym γ jest z góry dobraną liczbą z przedziału (0,1).

Przekształcając występującą w (9.6) nierówność podwójną tak, aby w środkowym jej członie pozostał tylko nieznany parametr μ, otrzymuje się:

$$P\left\{\bar{x} - \alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leqslant \mu \leqslant \bar{x} + \alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right\} = \gamma \tag{9.7}$$

Otrzymana nierówność podwójna jest przedziałem ufności dla parametru μ. Jak widać, krańce przedziału zależą od $\bar{x}$, czyli od wyników próby, a prawdopodobieństwo pokrycia przez przedział prawdziwej wartości parametru μ jest równe z góry danej liczbie γ.

Łatwo sprawdzić, że przy ustalonym γ i n długość przedziału ufności wynikającego z relacji (9.7) jest stała i równa:

$$2\Delta = 2\alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \tag{9.8}$$

skąd

$$\Delta = \alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{9.9}$$

Wzór (9.9) ustala związek między wielkością próby i współczynnikiem ufności (α zależy od γ).

Gdy założy się z góry pożądaną długość przedziału ufności, a tym samym wartość Δ oraz wartość współczynnika ufności, można obliczyć niezbędną wielkość próby ze wzoru (9.9), mianowicie:

$$n = \alpha^2 \frac{\sigma^2}{\Delta^2} \qquad (9.10)$$

Wyniki obliczeń agregatowych wskaźników zużycia EE wyżej podanym sposobem przedstawiono w tablicy 9.2, przyjmując współczynnik ufności $\gamma = 0{,}99$.

Tablica 9.2

Wskaźniki agregatowe zużycia EE
w procesie produkcji górniczej w tys. kWh/t na rok

Wskaźnik agregatowy	Grupy typologiczne KWK - podział wg tablicy			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
W_{10}	15.015,74 ±201,21	12475,81 ±198,71	11945,13 ±187,37	10745,86 ±151,87
W_{11}	8.745,52 ±157,03	8124,58 ±273,11	7945,29 ±132,73	7249,75 ±112,87
W_{12}	5.767,76 ±102,07	5157,84 ±112,87	4937,45 ±98,73	4812,55 ±92,72
W_{13}	7.023,55 ±132,21	6872,81 ±172,81	6547,57 ±157,42	6542,01 ±140,14
W_{14}	6.542,83 ±210,11	6378,31 ±171,71	6148,77 ±156,67	6007,71 ±170,42
W_{15}	4.572,73 ±197,23	4371,89 ±211,34	4247,74 ±201,21	4001,71 ±187,56
W_{20}	7.234,45 ±201,18	6978,81 ±210,42	6872,01 ±152,53	6587,44 ±167,51
W_{30}	31.421,31 ±458,22	30012,47 ±390,84	31002,58 ±305,56	29487,63 ±287,45
W_{40}	28.754,76 ±647,33	29872,43 ±542,87	27402,67 ±499,40	23122,03 ±372,42

cd. tablicy 9.2

1	2	3	4	5
W_{41}	9.734,47 ±272,07	8978,78 ±287,47	9342,87 ±302,44	9081,81 ±298,73
W_{42}	10.627,15 ±393,13	9764,73 ±354,78	9478,23 ±340,64	9345,54 ±370,47
W_{43}	15.002,82 ±572,49	14674,51 ±487,87	14726,03 ±440,62	14029,99 ±441,02
W_{44}	10.273,13 ±425,32	9888,87 ±510,27	9674,55 ±480,52	9073,77 ±410,73
W_{45}	12.475,00 ±672,21	11674,52 ±587,28	10745,21 ±532,83	11454,33 ±510,57
W_{46}	6.756,74 ±573,27	6257,66 ±489,70	6003,72 ±501,17	5743,83 ±474,74
W_{47}	5.081,25 ±479,07	5121,32 ±500,12	4557,47 ±449,77	4372,82 ±410,01
W_{50}	1.342,93 ±103,09	1497,31 ±102,18	1278,44 ±101,78	1103,38 ±110,21
W_{51}	872,24 ±38,75	798,89 ±40,21	921,28 ±39,72	760,02 ±64,73
W_{52}	115,02 ±28,10	132,07 ±12,87	119,76 ±11,27	100,02 ± 8,72
W_{53}	129,01 ±24,2	112,12 ±18,73	103,74 ±10,12	116,16 ±11,23
W_{54}	87,23 ±5,73	82,42 ±6,72	83,52 ±7,42	81,00 ±5,74
W_{55}	24,27 ±3,25	25,72 ±5,71	22,22 ±6,27	21,91 ±5,72
W_{60}	21238,23 ±197,20	19998,62 ±187,45	18743,37 ±172,13	20000,02 ±192,43
W_{61}	987,42 ±54,01	889,49 ±43,87	818,74 ±51,10	900,73 ±46,71
W_{62}	1001,73 ±97,80	1128,87 ±101,28	945,32 ±8,34	932,86 ±8,87

cd. tablicy 9.2

1	2	3	4	5
W_{63}	897,54 ±70,74	828,45 ±68,42	810,39 ±60,42	798,45 ±57,77
W_{64}	13425,79 ±425,10	12993,84 ±430,15	11299,62 ±398,28	10773,99 ±373,72
W_{65}	105,72 ±19,74	98,98 ±10,21	87,45 ±9,34	89,66 ±7,27
W_{66}	9045,73 ±129,76	8242,37 ±115,77	8457,62 ±89,34	7998,41 ±101,72
W_{67}	10702,46 ±274,75	9263,44 ±320,17	9458,38 ±287,19	8767,43 ±242,42
W_{68}	9732,04 ±198,73	8872,13 ±210,12	8456,77 ±174,32	8645,27 ±198,89
W_{70}	7934,05 ±201,74	7287,74 ±210,37	7354,32 ±184,32	6978,58 ±175,76
W_{71}	5728,74 ±427,85	5847,21 ±397,45	6145,62 ±415,64	5246,84 ±400,87
W_{72}	325,78 ±93,45	299,44 ±62,18	278,73 ±51,47	268,81 ±48,84
P_{10}	13489,72 ±872,24	11542,64 ±672,12	10771,28 ±547,52	12412,13 ±621,21
P_{20}	11597,47 ±567,93	10679,74 ±497,74	8423,52 ±325,54	9453,2 ±457,67
P_{30}	32427,93 ±1279,02	31429,18 ±982,47	28472,87 ±719,87	28397,73 ±813,21
P_{31}	19873,73 ±472,93	18773,16 ±397,84	17677,42 ±427,10	15512,87 ±360,06
P_{311}	8746,43 ±587,08	7945,67 ±432,17	7229,71 ±387,42	6979,45 ±312,52
P_{312}	1584,53 ±93,93	1694,43 ±78,42	1242,28 ±84,52	1014,54 ±82,34

cd. tablicy 9.2

1	2	3	4	5
P_{313}	1278,05 ±102,01	1187,64 ±98,13	1002,47 ±101,12	987,87 ±92,31
P_{314}	893,24 ±78,05	810,19 ±72,17	794,87 ±73,14	720,15 ±62,28
P_{32}	28542,84 ±331,78	24516,19 ±415,72	22124,57 ±380,21	20874,71 ±201,17
P_{321}	7942,54 ±157,28	7298,45 ±210,21	7078,23 ±181,54	6871,45 ±91,54
P_{322}	1444,72 ±112,50	1248,27 ±87,34	1187,63 ±101,21	1007,44 ±98,34
P_{323}	1342,70 ±124,52	1571,40 ±115,37	1210,43 ±98,74	980,04 ±78,30
P_{324}	799,52 ±107,43	712,42 ±87,21	690,12 ±58,12	707,88 ±67,15
P_{33}	9004,28 ±234,52	8787,42 ±187,14	8615,42 ±211,32	8101,96 ±192,18
P_{331}	4275,32 ±158,72	3983,23 ±168,70	3721,87 ±154,47	3545,71 ±134,34
P_{332}	4721,74 ±127,27	4252,27 ±128,11	4015,47 ±130,17	3971,18 ±128,70
P_{34}	11000,75 ±574,32	10728,14 ±610,10	9997,31 ±512,13	9747,47 ±487,15
P_{341}	8745,23 ±287,02	7954,82 ±310,72	7271,56 ±284,17	7071,94 ±278,13
P_{342}	1121,74 ±127,32	1223,48 ±121,27	1074,52 ±187,21	989,20 ±67,42
P_{343}	1079,89 ±143,77	879,73 ±84,21	820,82 ±76,48	798,44 ±69,72
P_{344}	1321,45 ±342,32	1287,63 ±224,56	1124,72 ±187,21	1029,43 ±58,85
P_{35}	5742,79 ±341,53	4943,71 ±297,48	4637,49 ±231,18	4287,87 ±212,74

cd. tablicy 9.2

1	2	3	4	5
P_{36}	7452,56 ±672,34	6945,65 ±584,71	6874,25 ±564,67	7113,65 ±572,21
P_{40}	6974,83 ±630,27	6745,27 ±593,37	6212,82 ±612,31	5842,71 ±480,17
P_{41}	932,45 ±101,20	942,21 ±91,71	890,17 ±82,27	782,45 ±69,71
P_{42}	1421,32 ±159,63	1334,82 ±115,81	1127,72 ±100,10	945,72 ±91,34
P_{43}	3245,31 ±245,12	3874,37 ±315,44	3002,71 ±287,41	2880,23 ±271,01
P_{50}	572,31 ±43,44	497,64 ±38,17	398,98 ±32,87	410,15 ±40,01
P_{60}	12427,71 ±1237,23	11567,67 ±987,21	10228,41 ±910,13	11510,72 ±983,42
P_{61}	6789,40 ±458,91	5873,27 ±510,82	5982,72 ±531,21	5547,39 ±487,15
P_{611}	4231,22 ±357,40	3966,67 ±310,12	3874,18 ±341,24	3157,26 ±289,42
P_{612}	427,23 ±47,01	394,51 ±38,72	327,38 ±26,15	334,13 ±23,74
P_{613}	345,72 ±32,04	296,67 ±21,87	288,7 ±19,47	310,27 ±25,65
P_{614}	199,73 ±22,04	157,76 ±14,18	130,47 ±11,27	131,61 ±12,93
P_{615}	250,47 ±32,55	266,84 ±25,42	210,15 ±20,10	198,89 ±18,14
P_{62}	1023,74 ±121,45	947,36 ±95,10	910,83 ±84,15	870,72 ±68,97
P_{621}	542,43 ±54,31	540,37 ±51,27	487,64 ±47,21	447,13 ±41,23

cd. tablicy 9.2

1	2	3	4	5
P_{622}	125,37 ±17,82	100,25 ±9,89	98,17 ±8,72	97,76 ±8,72
P_{623}	25,47 ±3,21	26,58 ±2,57	24,37 ±2,37	22,27 ±1,87
P_{624}	112,13 ±11,71	98,98 ±9,67	87,62 ±7,23	81,00 ±7,93
P_{625}	187,42 ±13,13	210,07 ±19,30	176,45 ±15,63	164,32 ±15,43
P_{626}	97,03 ±7,10	88,32 ±8,23	78,19 ±5,42	81,27 ±6,72
P_{63}	823,73 ±97,01	779,44 ±68,42	780,15 ±73,17	690,37 ±66,06
P_{631}	54,73 ±7,10	48,88 ±5,24	55,78 ±5,41	49,87 ±5,21
P_{632}	72,34 ±8,03	80,80 ±7,42	69,92 ±5,73	62,31 ±5,63
P_{633}	41,53 ±5,77	38,12 ±3,18	37,67 ±4,12	35,42 ±4,01
P_{634}	12,13 ±2,14	11,15 ±1,91	10,97 ±2,12	9,87 ±1,01
P_{635}	22,15 ±3,81	25,36 ±3,01	24,72 ±2,51	28,27 ±3,12
P_{636}	18,73 ±4,32	18,45 ±2,71	16,76 ±1,97	15,15 ±2,10
P_{637}	21,77 ±3,43	21,80 ±3,81	18,64 ±2,12	16,73 ±2,13
P_{638}	82,74 ±7,43	79,79 ±7,84	80,18 ±7,98	75,58 ±7,49

9.4. Wnioski

1. Agregatowe wskaźniki zużycia EE dla KWK pozwalają:

- prognozować zużycia EE w procesach produkcyjnych i usługowych w zależności od stosowanej technologii wybierania oraz występujęcych ciągów technologicznych w KWK,
- wypracować właściwe dla danej KWK programy racjonalizacji gospodarki elektroenergetycznej.

2. Analiza wskaźników agregatowych zużycia EE przedstawionych w tablicy 9.2 wskazuje, że największe wartości przyjmują wskaźniki dla:

- dołu kopalni - w ścianach i wyrobiskach wąskich oraz w transporcie,
- powierzchni - w zakładzie przeróbki mechanicznej węgla oraz w płuczkach.

3. Zbiór danych statystycznych będący podstawę do wyznaczenia agregatowych wskaźników dla niektórych odbiorów może nie odzwierciedlać rzeczywistych informacji o zużyciu EE. Zasadniczym powodem tego stanu jest brak w KWK dostatecznej ilości aparatury pomiarowej i rejestrującej.

10. ZAKOŃCZENIE

W pracy przedstawiono metody wyznaczenia zbiorczych i agregatowych normatywów zużycia EE dla KWK oraz podano obliczone graniczne wartości normatyw dla kopalń przyporządkowanych poszczególnym grupom typologicznym.

Wyniki badań, które obejmowały lata 1970-1983 wykazały, że w okresach czasu wynoszący 3 lata nie występują znaczne zmiany wartości normatywów, o ile spełnione są następujące wymagania:

- nie wystąpią istotne zmiany w technologii wybierania i wzbogacania węgla,
- nie ulegną zasadniczym zmianom warunki górniczo-geologiczne, w szczególności zwiększenie głębokości eksploatacji,
- nie wprowadza się istotnej zmiany wyposażenia w sprzęt i maszyny górnicze,
- nie występują zmiany przyporządkowania kopalń do innych grup technologicznych.

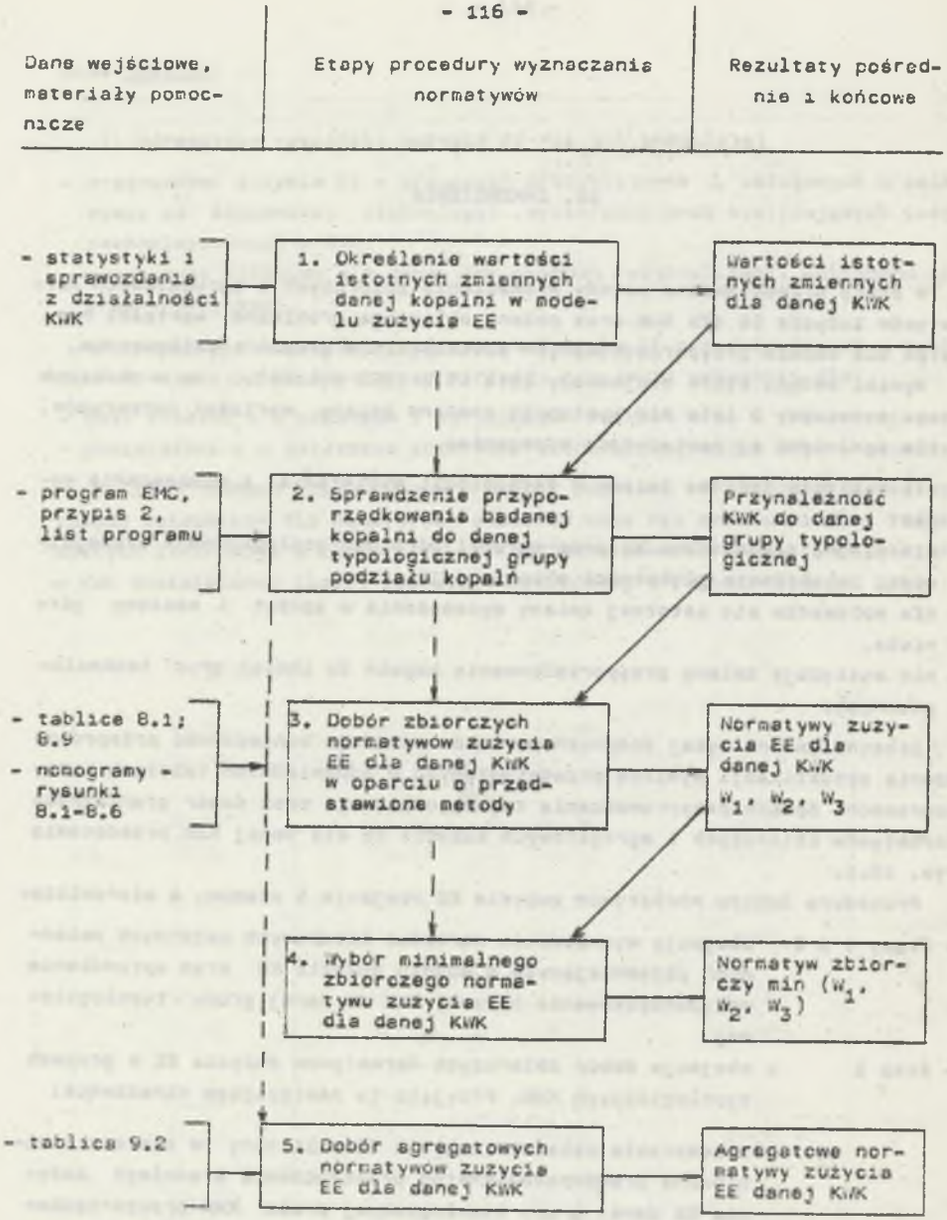
Istotna zmiana wyżej podanych warunków powoduje konieczność przeprowadzenia aktualizacji wyników przedstawionych w odpowiednich tabelach i nomogramach. Sposób przeprowadzenia tej aktualizacji oraz dobór granicznych normatywów zbiorczych i agregatowych zużycia EE dla danej KWK przedstawia rys. 10.1.

Procedura doboru normatywów zużycia EE obejmuje 5 etapów, a mianowicie:

- Etapy 1 i 2 - obejmują wyznaczenie wartości liczbowych istotnych zmiennych objaśniających w modelu zużycia EE oraz sprawdzenie przyporządkowania badanej KWK do danej grupy typologicznej.
- Etap 3 - obejmuje dobór zbiorczych normatywów zużycia EE w grupach typologicznych KWK. Przyjęto tu następujące oznaczenia:

W_1 - przedstawia wskaźnik zużycia EE obliczony w oparciu o minimalne prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużynia EE danej grupy typologicznej przez KWK przyporządkowane do tej grupy. Wartość liczbowa tego wskaźnika równa jest zużyciu EE kopalni, charakteryzującej się minimalnym prawdopodobieństwem przekroczenia średniego zużycia EE,

W_2 - graniczny normatyw zużycia EE wyznaczony z nomogramów (rysunki 8.1 do 8.6), które przedstawiają zależności rocznego zużycia EE od wielkości wydobycia węgla,



Rys. 10.1. Etapy doboru zbiorczych i agregatowych normatywów zużycia EE dla danej KWK

Fig. 10.1. Stages of summary and set standards selection of EE consumption for a given coal mine

W_3 - wartość liczbowa normatywu zużycie EE uzyskana ze wzoru (8.42).

- Etapy 4 i 5 - obejmują wyniki końcowe odpowiednio normatywu zbiorczego zużycia EE dla badanej KWK przyporządkowanej do danej grupy typologicznej, którego wartość liczbowa równa jest wartości minimalnej spośród wskaźników W_1, W_2, W_3 oraz normatywów agregatowych dla wyszczególnionych węzłów typologicznych.

Przedstawione normatywy zużycia EE mogą być wykorzystane w zakresie:

- planowania - jako wielkości wejściowe przy opracowaniu planów techniczno-ekonomicznych KWK oraz w zapotrzebowaniu ilości EE dla różnych przedziałów czasowych,
- kontroli - jako dopuszczalne, górne graniczne wartości normatywów zużycia EE w warunkach bieżącej eksploatacji górniczej,
- projektowania - w nowo projektowanych KWK oraz w procesie modernizacji KWK w przypadku konieczności wyboru alternatywnych rozwiązań projektowych. Znając parametry nowo projektowanych KWK można już w budowie przyporządkować je do danej grupy typologicznej oraz dobrać właściwe dla niej normatywy.

W celu zilustrowania sposobu postępowania dla wyznaczenia granicznych normatywów zbiorczych zużycia EE podano poniżej przykłady ich doboru dla KWK 1527, 1613 oraz 1213.

Przykład 1

KWK 1527, roczne wydobycie węgla w 1983 r. w tej kopalni wynosiło 4314635 t, zaś jednostkowy wskaźnik zużycia EE 18,814 kWh/t.

Statystyczna analiza zużycia EE w zakresie wstępnej, jakościowej oceny gospodarki EE przeprowadzona w rozdziale 4 niniejszej pracy wykazała, że w KWK 1527 występował nadmiar zużycia EE w stosunku do danej wielkości wydobycia węgla. W oparciu o wartości liczbowe istotnych zmiennych objaśniających modelu zużycia EE, KWK 1527 przyporządkowana została do II grupy typologicznej. Poszczególne wskaźniki, normatywy zużycia EE dla tej kopalni wynoszą:

W_1 = 18,743 kWh/t - (prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia EE w grupie II dla KWK 1527 wynosi 0,193)

W_2 = 23,610 kWh/t - z nomogramu na rys. 8.4

W_3 = 23,399 kWh/t - z tablicy 8.9

W = min (18,743; 23,610; 23,399) = 18,743 kWh/t

Zbiorczy, graniczny normatyw zużycia EE dla KWK 1527 wynosi 18,743 kWh/t. Wartość liczbowa nadmiaru zużycia EE w stosunku do wydobycia węgla wynosi 18,814 - 18,743 = 0,071 kWh/t.

Przykład 2

W 1983 r. roczne wydobycie węgla w KWK 1613 wynosiło 2769200 t, jednostkowy wskaźnik zużycia EE wynosił 38,001 kWh/t.

Wstępna ocena statystyczna dla KWK 1613 wykazała, że gospodarka EE budzi zastrzeżenia ze względu na występowanie nadmiaru zużycia EE oraz nadmiaru w zainstalowanej mocy napędów w stosunku do danej wielkości wydobycia węgla. W podziale typologicznym kopalń przemysłu węglowego KWK 1613 została przyporządkowana do grupy II. Poszczególne normatywy zużycia EE dla KWK 1613 wynoszą:

W_1 = 18,743 kWh/t - (prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia EE w grupie II dla KWK 1613 wynosi 0,8321)

W_2 = 26,720 kWh/t - z normogramu na rys. 8.4

W_3 = 20,742 kWh/t - z tablicy 8.9

W = min (18,743; 26,720; 20,742) = 18,743 kWh/t

Obliczony normatyw zbiorczy zużycia EE dla KWK 1613 wynosi 18,743 kWh/t. Wartość liczbowa nadmiaru zużycia EE wynosi zatem 38,001 - 18,743 = = 19,258 kWh/t.

Przykład 3

Roczne wydobycie węgla w 1983 r. dla KWK 1213 wynosiło 4003250 t, zaś jednostkowy wskaźnik zużycia EE wynosił 18,036 kWh/t.

Wstępna ocena statystyczna wykazała, że w KWK 1213 gospodarka EE nie budzi zasadniczych zastrzeżeń w zakresie zużycia EE oraz zainstalowanej mocy napędów w stosunku do wielkości rocznego wydobycia węgla.

Ze względu na istotne zmienne objaśniające modelu zużycia EE, KWK 1213 została przyporządkowana do I grupy podziału typologicznego kopalń.

Poszczególne normatywy zużycia EE dla KWK 1213 wynoszą:

W_1 = 23,940 kWh/t - (prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia EE w konwencjonalnie przyjętym przedziale czasu dla KWK 1213 wynosi 0,2519)

W_2 = 19,142 kWh/t - z nomogramu na rys. 8.1

W_3 = 18,237 kWh/t - z tablicy 8.9

W = min (23,940; 19,142; 18,237) = 18,237 kWh/t.

Obliczony graniczny normatyw zbiorczy zużycia EE dla KWK 1213 wynosi 18,237 kWh/t.

Podstawę do oceny wymiernych efektów zaproponowanej metody doboru normatywów zużycia EE w KWK może stanowić obliczony średni normatyw dla całego przemysłu węglowego, który wynosi 26,62 kWh/t, podczas gdy jego wartość w okresie obliczeniowym, tj. w 1983 r. wynosiła 33,95 kWh/t. Dla rocznego wydobycia w wielkości 186720 tys. ton można szacować oszczędności w zużyciu EE rzędu 1368 tys. kWh rocznie. Przy założeniu, że na wytworzenie 1 kWh EE elektrownie zużywają 0,44 kG paliwa umownego, oszczędności wynikające z zastosowania zaprojektowanej metody doboru normatywów zużycia EE wynoszą 602210 t paliwa umownego. Wielkość ta stanowi wartość 1,5 dobowego wydobycia wszystkich kopalń w polskim przemyśle węgla kamiennego.

11. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Przeprowadzone badania wykazały nieskuteczność mechanizmów ekonomicznych w postaci taryf opłat za EE na wielkość zużycia energii w KWK. Stąd jako podstawowy kierunek racjonalizacji gospodarki EE należy przyjąć rozwiązania techniczno-organizacyjne w postaci normatywów zużycia EE dla poszczególnych KWK, bowiem dla określonej struktury podsystemu EE realizacja przedsięwzięć racjonalizacji zużycia EE uzależniona jest od efektywności systemu zarządzania gospodarką EE w KWK.

2. Jak wykazały przeprowadzone badania, racjonalizacja zużycia EE w KWK może być dokonana poprzez:

- wskaźniki zakładowe jednostkowego zużycia EE - jako dopuszczalne graniczne wielkości zużycia EE dla KWK,
- wskaźniki agregatowe zużycie EE odnoszące się do poszczególnych ogniw i części procesów produkcyjnych górniczych (podstawowego, pomocniczego) oraz usługowych.

Posługując się agregatowymi wskaźnikami można dokonać oceny porównawczej gospodarki elektroenergetycznej poszczególnych KWK, prognozować zużycie EE na różnych poziomach struktur zarządzania.

Zasadnicze trudności w powszechnym wdrożeniu do praktyki przemysłu węglowego wskaźników agregatowych jest brak dostatecznej ilości aparatury kontrolno-pomiarowej i rejestrującej.

3. Dla wyznaczenia dopuszczalnych wskaźników zużycia EE w KWK, tj. wskaźników zakładowych, normatywów zużycia EE, wypracowano następujący tok postępowania udokumentowany wynikami przeprowadzonych badań:

- określenie metodami heurystycznymi zbioru potencjalnych zmiennych wpływających na zużycie EE,
- wyselekcjonowanie ze zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających podzbioru istotnych zmiennych metodami analizy czynnikowej oraz podstawowego czynnika,
- dokonanie metodami taksonomicznymi podziału zbioru KWK na grupy statystycznie jednorodne ze względu na istotne zmienne objaśniające,
- wyznaczenie metodami przedstawionymi w rozdziale 8 normatywów zużycie EE w poszczególnych grupach jednorodnych KWK.

Przedstawiony powyżej w koniecznym skrócie tok postępowania dla wyznaczenia normatywów zużycia EE został oprogramowany na EMC ODRA serii 1300 w postaci pakietu programów.

4. Przeprowadzona analiza wykazała,że na wielkość zużycia EE poszczególnych KWK przyporządkowanych do odpowiednich grup typologicznych mają istotny, dodatni wpływ zmienne przedstawione w tablicy 7.2.

5. Przedstawione w niniejszej pracy badania systemowe gospodarki EE w KWK pozwalają na:

a) dokonanie podziału typologicznego KWK całego przemysłu węglowego na grupy statystycznie jednorodne, co z kolei poprzez zawężenie rozrzutu zmiennych pozwala na przeprowadzenie bardziej precyzyjnej analizy metodami matematycznymi gospodarki EE,
b) budowę wzorcowego systemu oceny i kontroli gospodarki EE w KWK w ramach danej grupy typologicznej. Probabilistyczna ocena zużycia EE z równoczesną możliwością uszeregowania KWK ze względu na wielkość prawdopodobieństwa przekroczenia średniego zużycia EE jest miernikiem gospodarności energią elektryczną w całej KWK, łącznie z występującymi węzłami technologicznymi.

6. Przedstawiona w niniejszej pracy propozycja dwustopniowego układu wskaźników zużycia EE dla KWK zmierza w dwóch kierunkach:

- praktycznym - polegającym na wypracowaniu normatywów bilansowych w postaci wskaźników zużycia EE dla wszystkich KWK, rodzajów procesów produkcyjnych, faz gospodarowania EE oraz bieżącej aktualizacji wyników,
- metodycznym - obejmującym kompleksowy sposób postępowania dla wyznaczenia przyjętego układu wskaźników w przemyśle węglowym,w tym dla potrzeb prognozowania i racjonalizacji.

7. Najpilniejszym do rozwiązania problemem w zakresie całościowej gospodarki EE w przemyśle węgla kamiennego wydaje się aktualnie:

- posiadanie, poprzez rzetelną rejestrację, informacji o bieżących potrzebach i zużyciu EE na różnych poziomach struktur zarządzania,
- opracowanie wytycznych w zakresie gospodarowania EE ze szczególnym uwzględnieniem funkcji kontroli dla faz zapotrzebowania i użytkowania.

8. Użytkowanie i zapotrzebowanie EE w ramach obowiązującego w KWK systemu zarządzania gospodarkę EE w oparciu o zaproponowany w niniejszej pracy układ wskaźników zużycia EE umożliwia:

- wyznaczenie przewidywanego okresu wycofania danej technologii z procesu produkcyjnego,
- ocenę nowych rozwiązań przewidzianych w miejsce wycofanej technologii wraz z analizę elektrochłonności tych rozwiązań,
- opracowanie planowego przebiegu modernizacji poszczególnych urządzeń i maszyn w obrębie określonej technologii i procesu produkcyjnego w całym cyklu ich eksploatacji.

LITERATURA

[1] ACHLUSTIN V.J., MARAKULIN B.R., TROP A.S.: Matematiczeskoje modelirowanije nadeżnosti ślektrosnabżenija ugleobogatitel'nych zewodow. IWUZ Gornyj Żurnał, 1979, 10.

[2] ADAMOW W.E.: Indeksowa analiza czynnikowa. PWE, Warszawa 1982.

[3] BARCZAK A.: Ekonometryczne metody badania kosztów produkcji.PWN,Warszawa 1971.

[4] BELLMAN R., DREYFUS S.: Applied dynamic programming. Princeton Univ. Press 1962.

[5] BIELECKI J., SUCHANEK M.: Fortran dla zaawansowanych. Interpretacja międzynarodowego standartu języka. PWN, Warszawa 1983.

[6] BESZELEW C.D., GURWICZ F.G.: Matematiko-statisticzeskije metody ekspertnych ocenok. Moskva, Statistika, 1980.

[7] BOBROWSKI D.: Probabilistyka w zastosowaniach technicznych. WNT,Warszawa 1980.

[8] BOJARSKI W.: Podstawy metodyczne oceny efektywności w systemach energetycznych. PAN, Komitet Problemów Energetyki, Wrocław 1979.

[9] BOŁGOZIN S.A., WOROBEV B.M., KARENOW R.C.: Prognozirowanije raboty ugolnych predprijatij na osnowie ekonomiko-matematiczeskich modelej. Izd. Nauka, Kazanskaja AN, Alma-Ata, 1984.

[10] BROCKHAUS W.L., MICKELSEN J.F.: An analisys of prior Delphi application and some observations on its future applicability - Technol. Forecast. and Soc. Change 1977, vol 10, N1, pp. 103-110.

[11] Cennik Nr 7 - Z/84. Energie Elektryczna SWW 0311.

[12] CIOK J.: Stosowane w Polsce metody badań urządzeń elektrycznych przeciwwybuchowych przeznaczonych dla górnictwa. Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie, 1974, 4.

[13] SIWEK W.: Laboratorium badań niezawodnościowych urządzeń i aparatury elektrycznej górniczej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa,1981, 3.

[14] COHEN H.E.: Energy usage in mineral processing. Trans. Inst. Mining and Met. 1983, 2, pp. 160-164.

[15] GABEL R.: Die Energiewirtschaft in Europaischer Wirtschaft Femeinschaft. Glueckauf 1983, 7.

[16] GLUZIŃSKI W.: Energia w kopalni węgla kamiennego. Wyd. "Śląsk", Katowice 1970.

[17] GÓRA St.: Gospodarka elektro-energetyczna w przemyśle. PWN, Warszawa 1975.

[18] HERMAN H.H.: Modern Factor Analysis, The University of Chicago Press, 1960.

[19] HELLWIG Z.: Zastosowanie przekształcenia ortogonalnego do wyznaczania dopuszczalnych wartości zmiennych objaśniających w modelu ekonometrycznym. Przegląd Statystyczny 1974, Z-3.

[20] JARUGOWA A., MALC W., SAWICKI K.: Rachunek kosztów. PWE, Warszawa 1983.

[21] KAISER H.F.: Computer Program for Warimex Ratation in Factor Analisis. Educ. and Psych. Measurement 19. 1959. II, pp. 413-420.

[22] KAUFMAN A.: Methodes et modelos de la recherche operationelle. Dunod 1962.

[23] KOPECKI K.: Gospodarka paliwowo-energetyczna Polski do r. 2000 jako przedmiot badań rozwojowych. Życie Nauki, 1979.

[24] KOPECKI K.: Racjonalizacja zużycia paliw i energii w Polsce jako przedmiot naukowych badań rozwojowych i jej wpływ na zapewnienie wzrostu społeczno-gospodarczego. Archiwum Energetyki 4, 1980.

[25] KOPECKI K.: Social and Economic Dimensions on Energy Issues in Socialist Countries of Europe. European Coordination Centre for Research and Documentation in Sicial Sciences - Vienna 1979.

[26] KOZDRÓJ M.: Organizacja i podstawy automatyzacji zarządzania w kopalniach węgla kamiennego. Wyd. "Śląsk", Katowice 1972.

[27] KOZDRÓJ-WEIGEL M.: O stochastycznym modelu badań awarii elektrycznych w układach kopalnianych. ZN Politechniki Śląskiej,Elektryka z. 45, Gliwice 1975.

[28] KOZDRÓJ-WEIGEL M.: Prognozowanie awarii elektrycznych maszyn i urządzeń technicznych. ZN Politechniki Śląskiej, Organizacja z.3,1973.

[29] KOZDRÓJ-WEIGEL M.: Badania systemowe gospodarki energią elektryczną w kopalni węgla kamiennego. ZN Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 122, Gliwice 1983.

[30] KOZDRÓJ-WEIGEL M.: Optimalization of the organization structure of hard coal mines. IIASA - seminary on "Coal Issues for the 80's" - Management Problems Arizing from Technological Changes in the Coal Mining Industry. Poland - Kokotek, October 1981.

[31] KOZDRÓJ-WEIGEL M.: Przykłady ograniczenia rozrzutu liczby pomiarów przy założonym stopniu pewności i błędzie szacunku zastosowany w analizie technicznej zasilania energią elektryczną określonego systemu. ZN Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 110, Gliwice 1981.

[32] KOZDRÓJ-WEIGEL M.: Prognozowanie przerw w pracy maszyn i urządzeń elektrycznych pod napięciem 500 V i 6 kV na powierzchni i na dole w kopalni węgla. ZN Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 109 Gliwice 1981.

[33] KOZDRÓJ-WEIGEL M., KOZDRÓJ M., POTOCKI Cz.: Organizacja i zarządzanie w górnictwie. Część I. Automatyka w procesie organizacji produkcji górniczej. Skrypt Uczelniany Nr 1051, Politechnika Śląska 1982.

[34] KRASUCKI F.: Urządzenia i sieci elektroenergetyczne w górnictwie. Część I. Zarys elektroenergetyki kopalń węgla. Skrypt Uczelniany Nr 891, Politechnika Śląska 1980.

[35] KRASUCKI F.: Elektryfikacja kopalń węgla kamiennego. Część I. Skrypt uczelniany Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 1981.

[36] KRASUCKI F.: Problemy niezawodności oraz bezpieczeństwo elektryfikacji i automatyzacji podziemi kopalń. Skrypty uczelniane Politechniki Śląskiej, Gliwice 1971.

[37] KRASUCKI F.: Zagrożenia elektryczne w górnictwie.Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1984.

[38] LANGE O.: Optymalne decyzje. PWN, Warszawa 1967.

[39] LASENKO I.W.: Sistemnoje issledowanie problem intensifikacji processow dobycii uglia. Izd. Nedra, Moskwa 1983.

[40] LESZ M.: Matematyczne modelowanie planu układu produkcyjnego.PWE,Warszawa 1970.

[41] LISOWSKI A., PAWEŁCZYK E., red.: Zastosowanie komputerów oraz metod statystyki i ekonometrii w zarządzaniu branżę. Katowice 1977.

[42] LITWAK B.G.: Ekspertnaja informacija. Metody połuczenija analiza.Izd. Radio i Svjaz', Moskva 1982.

[43] MATUŁA E., MICHNA J.: Taryfy energii elektrycznej dla dużych odbiorców przemysłowych. Gospodarka Paliwami i Energią Nr 5, 1972.

[44] MIŁKO Cz.: Podstawy gospodarki energetycznej. WNT, Warszawa 1980.

[45] Ministerstwo Górnictwa i Energetyki - Branżowy plan kont dla kopalń węgla kamiennego. Katowice 1984.

[46] Ministerstwo Górnictwa i Energetyki - Instrukcja w sprawie ewidencji, rozliczania i kalkulacji kosztów w kopalniach węgla kamiennego. Katowice 1984.

[47] Ministerstwo Górnictwa i Energetyki - Wykaz stanowisk kosztów w kopalniach węgla kamiennego. Katowice 1984.

[48] MOSTOWSKI A., STARK M.: Algebra liniowa. PWN, Warszawa 1958.

[49] NEHRLEBECKI L.: Zasady oceny gospodarki energią - Gospodarka Paliwami i Energią 66,1.

[50] PANKOWA L.W., PETROWSKIJ A.M., SNEJDERMAN M.W.: Organizacija ekspertizy i analiz ekspertnoj informacii. Izd. Nauka, Moskwa 1984.

[51] PAWŁOWSKI Z.: Modele ekonometryczne równań opisowych. PWN, Warszawa 1971.

[52] PAWŁOWSKI Z.: Ekonometryczna analiza procesu produkcyjnego. PWN,Warszawa 1970.

[53] ROKITA J., STRZODA J.: Metody oceny efektywności produkcji kopalni węgla kamiennego. Wyd. "Śląsk", Katowice 1976.

[54] ROZIN W.W.: Teorija rospoznawanije obrazow w ekonomiczeskich issledowanijach. Ekonomika, Moskwa 1974.

[55] SEROW V.J.: Ekonomija elektroenergii na szachtach krutogo padenija, opasnych po wnetapnym wybrosam. Promyszlennaja energetika,1981,10.

[56] The Delphi method; Techniques and applications, Andelson - Wesley, Reading, Mass. 1975.

[57] TKACZENKO J.J., SREBNYJ M.A.: Uprawlenije proizwodstwom w ugol'nom objedinenji. Izd. Nedra, Moskwa 1977.

[58] WELFE W.: Metody i modele ekonomiczno-matematyczne w doskonaleniu zarządzania gospodarkę socjalistyczną. PWE, Warszawa 1981.

Przypis 1

W Y K A Z

SYMBOLI IDENTYFIKUJACYCH GWARECTWA I KOPALNIE PW

Symbol cyfrowy	Nazwa przedsiębiorstwa	Symbol cyfrowy	Nazwa przedsiębiorstwa
11..	Jaworznicko-Mikołowskie Gwarectwo PW	13..	Katowickie Gwarectwo PW
1101	Kop. Jaworzno	1311	Kop. Mysłowice
1105	Kop. Siersza	1312	Kop. Wieczorek
1106	Kop. Janina	1313	Kop. Wujek
1107	Kop. Brzeszcze	1314	Kop. Gottwald
1108	Kop. Silesia	1315	Kop. Katowice
1109	Kop. Bolesław Śmiały	1316	Kop. Murcki
1112	Kop. Piast	1317	Kop. Staszic
1114	Kop. Ziemowit	1318	Kop. Lenin
1131	Kop. Komuna Paryska	1322	Kop. Barbara-Chorzów
		1327	Kop. Polska
12..	Dąbrowskie Gwarectwo PW	14..	Bytomskie Gwarectwo PW
1201	Kop. Dowiat	1411	Kop. Wawel
1202	Kop. Grodziec	1412	Kop. Śląsk
1204	Kop. Czerwona Gwardia	1413	Kop. Pokój
1207	Kop. Sosnowiec	1414	Kop. Nowy Wirek
1209	Kop. Czerwone Zagłębie	1415	Kop. Miechowice
1210	Kop. Kazimierz-Juliusz	1417	Kop. Szombierki
1211	Kop. Niwka Modrzejów	1418	Kop. Bobrek
1212	Kop. Siemianowice	1419	Kop. Halemba
1213	Kop. Andaluzja	1425	Kop. Rozbark
1214	Kop. Julian	1426	Kop. Dymitrow
1231	Kop. Generał Zawadzki	1427	Kop. Powstańców Śl..
15..	Zabrzańskie Gwarectwo PW	17..	Dolnośląskie Gwarectwo PW
1512	Kop. Patrowski	1701	Kop. Wałbrzych
1513	Kop. Dębieńsko	1702	Kop. Viktoria
1521	Kop. Zabrze	1703	Kop. Thoroz
1522	Kop. Sośnica	1705	Kop. Nowa Ruda
1523	Kop. Makoszowy	18..	Lubelski Okręg Węglowy
1524	Kop. Gliwice	1801	Kopalnia Lubelskiego Okręgu Węglowego
1526	Kop. Knurów		
1527	Kop. Szczygłowice		
16..	Rybnickie Gwarectwo PW	3100	Zrzeszenie Budownictwa Górniczego
1601	Kop. Rydułtowy	3101	Przeds. Budowy Szybów
1602	Kop. Anna	3102	PRG Sosnowiec
1604	Kop. Marcel	3103	PRG Mysłowice
1605	Kop. Rymer	3104	PRG Bytom
1606	Kop. Chwałowice	3105	PRG Gliwice
1607	Kop. Jankowice	3106	PRG Rybnik
1609	Kop. 1-go Maja	3107	PRG Katowice
1610	Kop. Jastrzębie		
1611	Kop. Moszczenica	1772	Dolnośląskie PRG PW
1612	Kop. Manifest Lipcowy		
1613	Kop. Borynia	2173	Kop. Doświadczalna M-300
1614	Kop. XXX-Lecia PRL		
1615	Kop. ZMP	2601	Haldex
		9999	Przedsiębiorstwo Budowy Kopalń Ruda

Przypis 2

LISTY PROGRAMÓW NA EMC ODRA 1325

```
      LIST
      PROGRAM(POPA)
      INPUT 1=TRO
      OUTPUT5=LPO
      TRACE 2
      END

      MASTER
      DIMENSION RNK(100),IPK(100),INK(100),ITP(1000),ID(3), IWY(100)
      DATA IGW/1H*/,ISP/1H/
  111   READ(1,1000) IDD,IM,IR,RDT,EM
      READ(1,1000)IJD,IJM,IJR
      KM=1000
      IDKP=IJD+100*IJM+10000*IJR
      IID=IDD
      IIM=IM
      IIR=IR
      CALL DDK(IDD,IM,IR,RDT,IDK)
      WRITE(5, 5102)
 1000 FORMAT(3I0,2F0.0)
 1001 FORMAT (5I0)
 5100 FORMAT(10X,2(I2,1X),2H19,I2,4X,2HE=,E12.6)
 5101 FORMAT(1H+,1X,2H**,I3,2H**)
 5102 FORMAT(10X,15HDANE WEJSCIOWE: /
     *8X,26HDATA ZDARZEN  //)
      L,K=1
      DO 1 I=1,1000
    1 ITP(I)=0
  200 IF(K.GT.KM) GO TO 240
      READ(1,1001) (ID(J),J=1,3),IE,IEW
      E=IE*10.**IEW
      IF(E) 201,201,0
      WRITE(5,5100)(ID(J),J=1,3),E
      IF(E.LT.EM) GO TO 220
  201 KD=ID(1)+ID(2)*100+ID(3)*10000
  210 IF(KD-IDK) 0,230,230
      IF(IDK.GE.IDKP.AND.KD.LE.0) GO TO 240
      IF(KD) 230,230,0
      ITP(L)=ITP(L)+1
      WRITE(5,5101)L
  220 K=K+1
      GO TO 200
  230 L=L+1
      CALL DDK(IDD,IM,IR,RDT,IDK)
      GO TO 210
  240 NK=0
      WRITE (5,5104)RDT,IID,IIM,IIR
      DO 243 II=1,L
      II K=ITP(II)
      IF(ITK.GE.100) ITK=100
      DO 241 IJ=1, IIK
  241 IWY(IJ)=IGW
      IF(IIK-100) 0,244,244
      DO 242 IJ=IIK+1,100
  242 IWY(IJ)=ISP
  244 WRITE(5,5103)II,(IWY(IJ),IJ=1,100)
```



```
  243 CONTINUE
 5103 FORMAT(5X,I3,2H !,100A1  )
 5104 FORMAT(/////10X, 18HWYKRES POMOCNICZY  /
     * 10X, 30HCZESTOSC ZDARZEN W OKRESACH  , F6.2,4HMIES
     */ 10X,8HOD DNIA   , I2,1X,I2,3H 19,I2 //
     * 1X,9HNR.OKRESU /  )
      DO 250 I=1,L
      IF(ITP(I).GT.NK) NK=ITP(I)
  250 CONTINUE
      NK=NK+1
      DO 270 K=1,NK
      J=0
      DO 260 I=1,L
      IF(ITP(I).EQ.K-1) J=J+1
  260 CONTINUE
  270 RNK(K)=J
      NT=L
      XSR=0.
      DO 10 I=1,NK
      XSR=XSR+(I-1)*RNK(I)
   10 CONTINUE
      XSR=XSR/NT
      WAR=0.
      Do 20 I=1,NK
   20 WAR=WAR+(I-1)*(I-1)*RNK(I)
      WAR=WAR/NT-XSR XSR
      NT=NINT(RDT*31)
      IF(ABS(WAR-XSR).LE.EPS) CALL FURRY(WAR,XSR,X,P)
      IF(WAR.GT.XSR) GO TO 30
      RLAM=XSR/NT
      P=1-EXP(-RLAM*NT )
      GO TO 40
   30 A=XSR*NT/(WAR-XSR)
      V=XSR**2/(WAR-XSR)
      P=1-(A/(A+NT))**V
   40 CONTINUE
      DO 50 I=1,NK
      IPK(I)=I-1
   50 INK(I)=RNK(I)
      WRITE(5,5000)(IPK(I),I=1,NK)
      WRITE(5,5001) (INK(I),I=1,NK)
      WRITE(5,5002) EM,RDT,P
 5000 FORMAT(/////
     * 5X,16HZMIENNE LOSOWE:  //
     * 5X,3HK =, 30(I3,1H;))
 5001 FORMAT( 5X,3HNK=, 30(I3,1H;))
 5002 FORMAT(//10X,50HPRAWDOPODOBIENSTWO ZDARZENIA
     * ,2H> ,E12.6,4H [J]/
     * 10X,44HW KONWENCJONALNIE PRZYJETYM OKRESIE CZASU T= ,F7.2,
     * 8H [MIES.] , 2X,9HWYNOSI P= ,F10.5 //
     * //12(10H----------)//)
      GO TO 111
      STOP
      END

      SUBROUTINE DDK(L,M,N,RD,IDK )
      IRD=RD
      L=L+IRD
  100 CONTINUE
      GO TO(1,3,1,2,1,2,1,1,2,1,2,4) M
    1 IF(L-31) 20,0,0
      L=L-31
      M=M+1
      GO TO 100
```

```
    2  IF(L-30) 20,0,0
       L=L-30
       M=M+1
       GO TO 100
    3  IF(L-28) 20,0,0
       L=L-28
       M=M+1
       GO TO 100
    4  IF(L-31) 20,0,0
       L=L-31
       M=1
       N=N+1
       GO TO 100
   20  IDK=L+M*100+N*10000
        RETURN
       END
       FINISH


       LIST
       PROGRAM (WAP2)
       INPUT 1 = TR0
       INPUT 2 = MT1/(RED1)
       OUTPUT 3 = LP0
       TRACE 2
       END
       MASTER
       DIMENSION XX(70,15),XS(70,15),XZ(70,15),W(15),XMIN(15),
      *XMAX(15),D(15),DW(15),
      *DEL1(15),DEL2(15),DEL3(15),DEL4(15),DEL5(15),DEL6(15),
      *IR1(15),IR2(15),IR3(15),IR4(15),IR5(15),IR6(15),IKK(70),
      *KK(15),IDW(15)
       READ (1,1000) IL,(IKK(I),I=1,IL)
       READ (2) M,KL,N
       DO 10 I=1,M
   10  READ (2) (XX(I,J),J=1,KL)
       READ (2) W
       DO 30 J=1,KL
       XMIN(J) = XX(1,J)
       XMAX(J) = XX(1,J)
       DO 20 I=1,M
       IF (XX(I,J).LE.XMIN(J)) XMIN(J)=XX(I,J)
       IF (XX(I,J).GE.XMAX(J)) XMAX(J)=XX(I,J)
   20  CONTINUE
   30  CONTINUE
       WRITE (3,2001)
       WRITE (3,2002) (XMIN(J),XMAX(J),J=1,KL)
       PQ=0.0
       DO 40 J=1,KL
   40  PQ=PQ+(XMAX(J)-XMIN(J))**2
       PA=SQRT(PQ)
       WRITE (3,2007) PQ
       DS,DWS,PD,PDW = 0.0
       DO 50 I=1,M
       D(I),DW(I)=0.0
       DO 300 J=1,KL
       D(I)=D(I)+(XX(I,J)-XMAX(J))**2
  300  DW(I)=DW(I)+W(J)*(XX(I,J)-XMAX(J))**2
       D(I)=SQRT(D(I))
       DW(I)=SQRT(DW(I))
       DS=DS+D(I)
       DWS=DWS+DW(I)
       PD=PD+D(I)*D(I)
       PDW=PDW+DW(I)*DW(I)
   50  CONTINUE
       DDS=DS*DS/M
```



```
       DDWS=DWS*DWS/M
       OD=PD-DDS
       OD=SQRT(OD/M)
       ODW=PDW-DDWS
       ODW=SQRT(ODW/M)
       OS=DS/M+2.0*OD
       OSW=DWS/M+2.0*ODW
       WRITE (3,2003)
       WRITE (3,2004) (D(I),I=1,M)
       WRITE (3,2005)
       WRITE (3,2006) (DW(I),I=1,M)
       DO 70 I=1,M
       DEL1(I)=1.0-D(I)/PQ
       DEL2(I)=1.0-DW(I)/PQ
       DEL3(I)=1.0-D(I)/OS
       DEL4(I)=0-D(I)/OSW
       DEL5(I)=1.0-DW(I)/OS
   70  DEL6(I)=1.0-DW(I)/OSW
       WRITE (3,2008)
       DO 80 I=1,M
   80  WRITE (3,2009) DEL1(I),DEL2(I),DEL3(I),DEL4(I),DEL5(I),DEL6(I)
       CALL RANG(M,DEL1,IR1)
       CALL RANG(M,DEL2,IR2)
       CALL RANG(M,DEL3,IR3)
       CALL RANG(M,DEL4,IR4)
       CALL RANG(M,DEL5,IR5)
       CALL RANG(M,DEL6,IR6)
       WRITE (3,2010)
       DO 85 I=1,M
   85  WRITE (3,2011) I,IR1(I),IR2(I),IR3(I),IR4(I),IR5(I),IR6(I)
       DO 150 I=1,M
  150  READ (2) (X(I,J),J=1,N)
       DO 160 J=1,N
       XMIN(J)=X(1,J)
       XMAX(J)=X(1,J)
       DO 170 I=1,M
       IF (X(I,J).LE.XMIN(J)) XMIN(J)=X(I,J)
       IF (X(I,J).GE.XMAX(J)) XMAX(J)=X(I,J)
  170   CONTINUE
  160  CONTINUE
       PQ=0.0
       DO 180 J=1,N
  180  PQ=PQ+(XMAX(J)-(XMIN(J))**2
       PQ=SQRT(PQ)
       DO 200 I=1,M
       D(I)=0.0
       DO 190 J=1,N
  190  D(I)=D(I)+(X(I,J)-XMAX(J))**2
  200  D(I)=SQRT(D(I))
       DO 110 II=1,IL
       JJ=IKK(II)
       DO 110 J=1,N
  110  XS(JJ,J)=XMAX(J)-D(JJ)*(XMAX(J)-XMIN(J))/PQ
       DO 120 IZ=1,M
       IF (R1(IZ.NE.1.0) GO TO 120
       NRW=IZ
       GO TO 125
  120  CONTINUE
  125  DO 130 II=1,IL
       JJ=IKK(II)
       DO 130 J=1,N
  130  XZ(JJ,J)=XMAX(J)-D(IZ)*(XMAX(J)-X(JJ,J))/D(JJ)
       READ (2) KD, (KK(I),I=1,KD),(IDW(I),I=1,KD)
       DO 200 J=1,KD
```

```
      JJ=KK(J)
      DO 210 I=1,M
      X(I,JJ)=IDW(JJ)-X(I,JJ)
      XS(I,JJ)=IDW(JJ)-XS(I,JJ)
210   XZ(I,JJ)=IDW(JJ)-XZ(I,JJ)
200   CONTINUE
      WRITE (3,2012)
      DO 140 II=1,IL
      JJ=IKK(II)
      WRITE (3,2013) JJ
      CO 140 KZ=1,N
140   WRITE (3,2014) X(JJ,KZ),XS(JJ,KZ),XZ(JJ,KZ)
2001  FORMAT (20X,10HPUNKT MIN , 10X,10HPUNKT MAX )
2002  FORMAT (20X,F7.1,15X,F7.1)

2003  FORMAT (20X,35HWEKTOR ODLEGŁOSCI OBIEKTOW OD PMAX)
2004  FORMAT (5X,7(10F7.1/))
2005  FORMAT (20X,44HWEKTOR WAZONYCH ODLEGŁOSCI OBIEKTOW OD PMAX)
2006  FORMAT (5X,7(10F7.1/))
2007  FORMAT  (5X,26HODLEGŁOSC PMAX OD PMIN   =,F8.2)
2008  FORMAT (45X,29HSYNTETYCZNE WSKAZNIKI ROZWOJU,/120(1H*)//5X,
     *6HOBIEKT,11X,1H1,
     *15X,1H2,15X,1H3,15X,1H4,15X,1H5,15X,1H6//)
2010  FORMAT (//35X,50HRANGI OBIEKTOW WG ODPOWIEDNICH WSKAZNIKOW
     *ROZWOJU ,120(1H*)//
     *5X,6HOBIEKT,11X,1H1,15X,1H2,15X,1H3,15X,1H4,15X,
     *1H5,15X,1H6//)
2011   FORMAT(5X,I3,12X,I3,12X,I3,12X,I3,12X,I3,12X,I3,12X,I3)
1000  FORMAT (71I0)
2012  FORMAT (22X,75HRZECZYWISTE WYNIKI I OPTYMALNE STRATEGIE
      *ROZWOJU DLA WYBRANYCH
     *OBIEKTOW   //12X,18HWYNIKI RZECZYWISTE,10X,11HSTRATEGIA 1,
     *11HSTRATEGIA 2)

2013  FORMAT (10X,13HOBIEKT NR =  ,I3/)
2014  FORMAT (5X,F9.2,31X,F9.2,31X,F9.2)
      STOP
      END
      SUBROUTINE RANG( MM,DEL,IR)
      DIMENSION DEL(70),IR(70)
      DO 90 K=1,MM
      R=-1.0
      DO 100 I=1,MM
      IF (DEL(I).LT.R) GO TO 100
      R=DEL(I)
      IR(K)=I
      KKK=IR(K)
100   CONTINUE
      DEL(KKK) =-1.0
90    CONTINUE
      RETURN
      END
      FINISH


      LIST
      PROGRAM (WAP1)
      INPUT 1=TRO
      OUTPUT 2=LPO
      CREATE 3=MT1/UNFORMATTED(RED1)
      TRACE2
      END
```



```
      MASTER
      DIMENSION X(70,15),XX(70,15),KK(15),KD(15),S(15),SS(15),
     *SR(15),DS(15),V(15),IDW(15),W(15)
      READ(1,1000) M,N,K,(KK(I),I=1,K),(IDW(J),J=1,K),KLP
      READ(1,1001) EPS
      WRITE(2,2001) M,N,K,(KK(I),I=1,K),(IDW(J),J=1,K),EPS,KLP
      READ(1,1002) ((X(I,J),J=1,N),I=1,M)
      MKP=1
      MKK=10
30    IF(N.LT.MKK) MKK=N
      DO 20 I=1,M
20     WRITE (2,2005) (X(I,J),J=MKP,MKK)
      IF(MKK-N) 0,40,40
      MKP=MKK+1
      MKK=MKK+10
      GO TO 30
40    CONTINUE
      DO 2 L=1,K
      KS=KK(L)
      DO 2 I =1,M
2     X(I,KS)=IDW(KS)-X(I,KS)
      KL,WW,VV=0
      DO 5 J=1,N
      S(J),SS(J)=0.
      DO 4 I=1,M
      S(J)=S(J)+X(I,J)
4     SS(J)=SS(J)+X(I,J)*X(I,J)
      SR(J)=S(J)/M
      DS(J)=SS(J)-S(J)*S(J)/M
      DS(J)=SQRT(DS(J)/M)
      V(J)=DS(J)/SR(J)
      IF(V(J).GT.EPS) GO TO 100
      WRITE(2,2006) J
      GO TO 5
100    VV=VV+V(J)
       DO 6 I=1,M
      KL=KL+1
6      XX(I,KL)=X(I,J)
5      CONTINUE
      LW=0
       DO 8 J=1,N
      IF(V(J).LT.EPS) GO  TO 8
      LW=LW+1
      W(LW)=V(J)/VV
      WW=WW+W(LW)
8      CONTINUE
      WRITE(3) M,KL,N
      DO 10 I=1,M
10     WRITE(3)  (XX(I,J),J=1,KL)
      WRITE(3) W
      DO 11 I=1,M
11    WRITE(3) (X(I,J),J=1,N)
      WRITE(3) K,KK,IDW
      IF(KLP) 200,0,200
      WRITE(2,2007)
      DO 12 J=1,N
12     WRITE(2,2008) SR(J),DS(J),V(J)
200    CONTINUE
      WRITE(2,2009)
      MKP=1
      MKK=10
50    IF(KL.LT.MKK) MKK=KL
      DO 60  I=1,M
60    WTITE(2,2005) (XX(I,J),J=MKP,MKK)
      IF(MKK-KL) 0,70,70
      MKP=MKK+1
```

```
      MKK=MKK+10
         GO TO 60
70    CONTINUE
      WRITE(2,2010)
      WRITE(2,2011) (W(J),J=1,KL)
1000  FORMAT (10OI0)
1001  FORMAT (F0.0)
1002  FORMAT (60OF0.0)
2001  FORMAT (5X,3HM =,I3,2X,3HN= ,I3,2X,3HK =,I3,2X,5HEPS =,F6.3,
     * 2X,5HKLP =,I2/
     */20X,30HWSKAZNIKI KOLUMN DESTYMULANT     ,/5X,3(10I4)/
     * 20X,22HWARTOSCI DESTYMULACJI    ,/5X,3(10I6)/)
2003  FORMAT (20X,20HMACIERZ OBSERWACJI     /)
2005  FORMAT (3X,10(2X,F9.1))
2006  FORMAT (20X,31HNUMERY ODRZUCONEJ CECHY     ,4HNR =,I3)
2007  FORMAT (20X,7HSREDNIA   ,20X,21HODCHYLENIE STANDARTOWE,
     * 20X,23HWSPOLCZYNNIK ZMIENNOSCI     /)
2008  FORMAT (20X,F7.2,20X,F9.5,32X,F9.5)
2009  FORMAT (20X,25HNOWA MACIERZ OBSERWACJI     /)
2010  FORMAT (20X,15H WARTOSCI WAG      )
2011  FORMAT (5X,15F7.3)
      STOP
      END
      FINISH
```

ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESÓW PRODUKCJI GÓRNICZEJ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

S t r e s z c z e n i e

W pracy na podstawie przeprowadzonej analizy i oceny obecnej gospodarki energią elektryczną przedstawiono metodę wyznaczenia dopuszczalnych, granicznych technicznych wskaźników zużycia energii elektrycznej w kopalniach węgla kamiennego. Stwierdzono małą skuteczność obowiązujących taryf opłat za energię elektryczną na obniżenie energochłonności produkcji górniczej. Przedstawiono zbiór potencjalnych zmiennych objaśniających zużycie energii elektrycznej oraz istotne zmienne objaśniające w modelu zużycia energii elektrycznej w kopalniach węgla. Dokonano podziału typologicznego kopalń węgla ze względu na istotne zmienne objaśniające. Zaproponowano dwupoziomowy układ wskaźników zużycia energii elektrycznej dla kopalń węgla. Opracowaną metodę wyznaczono wskaźniki normatywne zużycia energii elektrycznej dla poszczególnych kopalń węgla kamiennego w ramach wydzielonych grup typologicznych.

Pracę zakończono wnioskami dotyczącymi gospodarki energoenergetycznej w kopalniach węgla kamiennego.

Р е з ю м е

В работе на основе проведённого анализа и оценки настоящего энергохозяйства даётся метод обозначения допускаемых, предельных технических показателей расхода электроэнергии в каменноугольных шахтах. Наблюдается малая эффективность обязывающих тариф стоимости электроэнергии на понижение электроемкости производства горного предприятия. Даётся множество потенциальных переменных, объясняющих расход электроэнергии, а также существенные переменные объясняющие на модели расход электроэнергии в угольных шахтах. Существенные, объясняющие переменные, являются причиной типологического распределения угольных шахт. Предлагается двухъярусная система показателей расхода электроэнергии для угольных шахт. Применяя, разработанный метод были обозначены нормативные показатели расхода электроэнергии для отдельных каменноугольных шахт в рамках обособленных типологических групп.

Работу заканчивают выводы, касающиеся энергохозяйства в каменноугольных шахтах.

S u m m a r y

On the basis of the analysis that has been carried out and the evaluation of present electric energy policy the paper presents the method of determination of allowable limit technical factors of electric energy consumption in coal mines. Small influence of the present scales of changes for electric energy on power consumption during mining processes has been found.

A set of potential variablee describing electric energy consumption and important describing variables in the model of electric energy consumption in coal mines have been presented. Coal mines have been divided into certain types considering important describing variables. Two-level system of electric energy consumption for coal mines has been put forward. By means of the worked out method standard factors of electric energy consumption for particular coal mines have been determined in every typological group.

The paper ends with the conclusions concerning electroenergetic policy in coal mines.

Cena zł 122,—

WYDAWNICTWA NAUKOWE I DYDAKTYCZNE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ MOŻNA NABYĆ W NASTĘPUJĄCYCH PLACÓWKACH:

44-100 Gliwice — Księgarnia nr 096, ul. Konstytucji 14 b
44-100 Gliwice — Spółdzielnia Studencka, ul. Wrocławska 4 a
40-950 Katowice — Księgarnia nr 015, ul. Żwirki i Wigury 33
40-096 Katowice — Księgarnia nr 005, ul. 3 Maja 12
41-900 Bytom — Księgarnia nr 048, Pl. Kościuszki 10
41-500 Chorzów — Księgarnia nr 063, ul. Wolności 22
41-300 Dąbrowa Górnicza — Księgarnia nr 081, ul. ZBoWiD-u 2
47-400 Racibórz — Księgarnia nr 148, ul. Odrzańska 1
44-200 Rybnik — Księgarnia nr 162, Rynek 1
41-200 Sosnowiec — Księgarnia nr 181, ul. Zwycięstwa 7
41-800 Zabrze — Księgarnia nr 230, ul. Wolności 288
00-901 Warszawa — Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN — Pałac Kultury i Nauki

Wszystkie wydawnictwa naukowe i dydaktyczne zamawiać można poprzez Składnicę Księgarską w Warszawie, ul. Mazowiecka 9.