

JAN MIKULSKI

Katedra Elektrotechniki Przemysłowej

DŁUGOFALOWE PROGNOZOWANIE W GOSPODARCE ENERGETYCZNEJ HUTNICTWA
ŻELAZA

Streszczenie. W referacie omówiono dotychczasowe metody prognozowania gospodarki energetycznej w hutnictwie żelaza, ich dodatnie a zwłaszcza słabe strony oraz przedstawiono metodę nową, mniej pracochłonną i nowocześniejszą.

Przyszłościowe bilanse energetyczne były dotychczas wykonywane, w oparciu o odmienne metody, przez różne instytucje. W celu ustalenia najodpowiedniejszego sposobu ich zestawienia przeprowadzono niżej analizę poszczególnych metod.

Obliczenia Komitetu Elektryfikacji Polski PAN

W latach 1958/1961 opracowane zostały pod egidą Komitetu Elektryfikacji Polski PAN bilanse energetyczne kraju. W ramach ich wykonano bilanse dla Zjednoczenia Hutnictwa Żelaza i Stali (1). Koksownie przyhutnicze wyłączono z tej grupy i zaliczono łącznie z wszystkimi koksowniami do grupy Koksochemia i Gazownictwo.

Wielkościami produkcji przemysłowej, do której odnoszono obliczenia zużycia nośników energii były wytyczne KERM (2).

Dotychczasowy sposób zestawienia zapotrzebowania energii w hutnictwie żelaza i stali w planach długofalowych polega na

ustalaniu odpowiednich wskaźników jednostkowego zużycia poszczególnych nośników energii i mnożenia ich przez wyznaczoną dla danego roku produkcję. Przy ustalaniu wskaźników bierze się pod uwagę zamierzony postęp techniczny w dziedzinie energetyki w określonej gałęzi produkcji hutniczej jak również modernizację procesów technologicznych i wpływ tej technologii na zużycie energii. Obliczenia te wykonuje się szczegółowo dla podstawowych wydziałów produkcyjnych, tj. spiekalni, surówki wielkopiecowej, wszystkich rodzajów stali i wyrobów walcowanych, traktując ogólniej drobniejsze wydziały produkcyjne i pomocnicze. Dokładniejsze dane możnaby otrzymać przez zestawienie skrupulatnych bilansów energetycznych dla poszczególnych lat. Obydwa sposoby są jednak bardzo pracochłonne i wymagają dużej ilości przeliczeń przy często zmieniających się założeniach wielkości produkcyjnych. Stąd wynikła potrzeba opracowania na podstawie dotychczasowej znajomości wzrostu produkcji hutniczej i jej technologii, sposobu syntetycznego obliczania zapotrzebowania energii.

W oparciu o wskaźnik (3) zestawiono w opracowaniach PAN-KEP zużycia wszystkich nośników energii w jednostkach naturalnych oraz w jednostkach cieplnych, dochodząc do ogólnego zużycia ciepła. Obliczono jednocześnie analogiczne wskaźniki dla wszystkich podstawowych gałęzi produkcji hutniczej i dla wszystkich okresów pięcioletnich do roku 1980.

Obecnie, po upływie pierwszego okresu pięcioletniego, celowe było porównanie założonych w opracowaniu danych liczbowych z wielkościami rzeczywiście osiągniętymi w 1965 r. Ograniczono się zasadniczo do wskaźników zużycia paliw i energii elektrycznej, pomijając jej ilościowe zużycie.

Przechodząc do analizy otrzymanych wyników należy stwierdzić pewne rozbieżności między wielkościami zaplanowanej w

1957 r. produkcji na rok 1965, a produkcją wykonaną w rzeczywistości w tym roku. Zostały one spowodowane przez poślizg inwestycyjny w niektórych wydziałach. Mniej więcej w tym samym stopniu zmniejszyła się ilość zużytego ciepła w tych wydziałach, świadcząca o dopuszczalnych różnicach w prawidłowości założonych jednostkowych wskaźników. W pewnych przypadkach nastąpiło zawyżenie wskaźników, co spowodowane zostało zmniejszeniem produkcji, ujemnie odbijające się na jednostkowym zużyciu ciepła.

Osobnym zagadnieniem jest tzw. kompleksowy wskaźnik zużycia ciepła w całym zjednoczeniu hutnictwa żelaza i stali. Wskaźnik ten jest stosunkiem ilości doprowadzonej energii do wyprodukowanej ogółem stali, a wyrażonym w kcal/t. Eliminuje się w tym przypadku koksownie, które zazwyczaj należą organizacyjnie do osobnej gałęzi przemysłu. Jako doprowadzoną energię uważa się koks własny i obcy dostarczony z zewnątrz, węgiel energetyczny, gaz koksowniczy, który jest traktowany jako całkowicie obcy, gaz ziemny, paliwa ciekłe oraz energię elektryczną doprowadzoną z zewnątrz. Energia elektryczna, wyprodukowana w siłowniach hutniczych, uwzględniana zostaje w węglu energetycznym, zużytym przez hutę.

Omówiony wskaźnik wyniósł w 1965 r. ok. 9,0 mln kcal/t, tj. był niższy o ok. 6% w porównaniu z założonym w wysokości 9,6 mln kcal/t. Wynikło to z powodu szybszego wzrostu produkcji stali martenowskiej (10 %) w porównaniu ze zwiększeniem wskaźnika zużycia ciepła w tym wydziale (3 %).

Przeprowadzona analiza prognozy zapotrzebowania ciepła w hutnictwie, wykonanego na 7 lat przed rzeczywistym okresem, wykazała zasadniczą zbieżność wyników.

Obliczenia Biura Projektów Przemysłu Hutniczego "Biprohut"

Zapotrzebowanie nośników energetycznych na 1970 rok zostały wykonane przez "Biprohut" w ramach opracowywania programu rozwojowego energetyki. Jest on dostosowany do planowanej produkcji i asortymentu wyrobów hutniczych. Bilans potrzeb paliw i energii ustalono w dotychczas zawsze stosowany sposób. Bazę wyjściową dla ich ustalenia stanowiły wskaźniki statystyczne w 1965 roku, a na dalsze lata wzgl. na okresy 5-letnie korygowano je zgodnie ze zmianą technologii, wprowadzanym postępem technicznym oraz efektami wynikającymi z odzysku ciepła odpadowego.

Podstawowym założeniem projektu gospodarki paliwowej była uznana tendencja światowa szerokiego stosowania w procesach technologicznych hutnictwa żelaza paliw wysokokalorycznych zarówno gazowych jak i ciekłych, Pozwoliło to w oparciu o perspektywiczny rozwój krajowej bazy paliwowej - eliminować węgiel jako paliwo technologiczne.

Efektom dodatnim stosowania paliw gazowych i ciekłych dla produkcji hutniczej jest możliwość szybkiego uzyskania wymaganej temperatury i jej regulacji, zwiększenia wydajności produkcji, automatyzacja procesów, zmniejszenie jednostkowych kosztów inwestycyjnych, poprawa warunków pracy, zmniejszenie zanieczyszczenia atmosfery itp.

W oparciu o wymienione wytyczne obliczono, w bardzo pracochłonny sposób dla poszczególnych asortymentów produkcji i zakładów, zapotrzebowanie nośników energetycznych jak węgiel energetyczny, koks, gaz wielkopiecowy, koksowniczy, ziemny, olej opałowy i energię elektryczną obcą. Potrzeby wyrażono w jednostkach naturalnych i cieplnych oraz obliczono w analogiczny sposób wskaźniki zużycia tych rodzajów energii w odniesieniu do odpowiedniego wyrobu.

Po obliczeniu rocznego zapotrzebowania i wskaźników poszczególnych zakładów wykonano zbiorcze zestawienie dla wszystkich wyrobów oraz odniesiono ostatecznie dla najcharakterystyczniejszego wyrobu hutniczego tj. stali.

Uwzględniając ciepło odzyskane w niektórych wydziałach, ew. ciepło oddane na zewnątrz, można otrzymać zużycie energii zarówno w skali rocznej jak i jednostkowy wskaźnik. Wskaźnik ten różni się od omówionego poprzednio, gdyż wzięto w nim również pod uwagę wydziały koksochemiczne.

Obliczone w podany sposób zbiorcze zestawienie nośników energetycznych dla całego zjednoczenia w 1985 r. przedstawiono w tabl.1

Tablica 1

Zbiorcze zestawienie wskaźników zapotrzebowania energii dla zakładów zgrupowanych w Zjednoczeniu Hutnictwa Żelaza i Stali

| Rodzaj doprowadzanego nośnika energii | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 |
|---|-------|---------------|-------|-------|
| | | 10^6 kcal/t | | |
| Węgiel energetyczny | 1,150 | 0,815 | 0,860 | 0,770 |
| Koks | 3,620 | 2,870 | 2,730 | 2,260 |
| Gaz koksoowniczy | 1,495 | 1,148 | 1,062 | 0,965 |
| Gaz ziemny | 1,230 | 1,305 | 1,270 | 1,285 |
| Olej opałowy | 0,235 | 0,191 | 0,143 | 0,121 |
| Energia elektryczna doprowadzona z zewnątrz | 1,050 | 1,275 | 1,195 | 1,169 |

Cd. tab. 1

| | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Łącznie brutto | 8,785 | 7,604 | 7,260 | 6,561 |
| W tym: Koksownie i inni odbiorcy zewnętrzni | 0,950 | 0,772 | 0,627 | 0,560 |
| Ogółem netto | 7,835 | 6,832 | 6,633 | 6,001 |

Proponowana nowa metoda prognozowania gospodarki energetycznej w hutnictwie żelaza i stali

Omówione poprzednio i dotychczas powszechnie stosowane metody prognozowania i ilościowego obliczania zapotrzebowania energii na długoletnie okresy są nadzwyczaj pracochłonne. Każdorazowa zmiana asortymentu i wielkości produkcji danego wyrobu hutniczego, w odniesieniu np. do produktów walcowanych, na bardzo często miejsce w trakcie opracowywania samego planu rozwoju hutnictwa, nie mówiąc już o zmianach podczas dyskusji na poszczególnych szczeblach administracji przemysłowej i państwowej. Stąd wynika potrzeba unowocześnienia metody prognozowania, której dokładność byłaby wystarczająca w okresie opracowywania długofalowych planów.

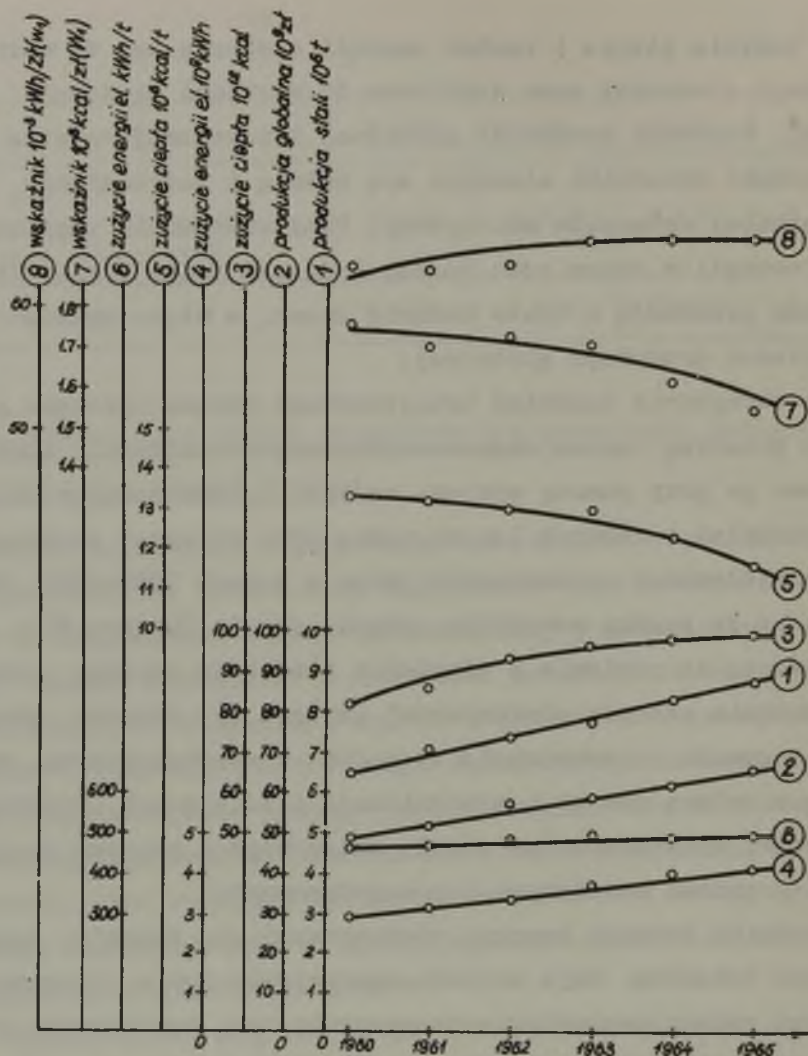
Często bierze się pod uwagę trend zmian wartości produkcji globalnej, wzgl. towarowej, stąd wstępne rozważania autora (5) oparte były na tych zależnościach. W tym celu zestawiono w tabelicy 2 dla lat 1960 - 1965 ilości wyprodukowanej stali oraz wartości produkcji globalnej i towarowej w poszczególnych latach całego zjednoczenia hutnictwa. Podano dalej zużycie ciepła i energii elektrycznej oraz obliczono wartości odpowiednich wskaźników przez cały przemysł hutniczy łącznie z koksowniami, a odniesione do produkcji stali. Podano również wska-

źniki zużycia ciepła i osobno energii elektrycznej do wartości produkcji globalnej oraz dodatkowo do wartości produkcji towarowej. Wartości produkcji globalnej i towarowej, a więc i odpowiednie wskaźniki niewiele się różnią i rozróżnianie ich ma charakter wyłącznie metodyczny. Przy obliczaniu zapotrzebowania energii w danym roku należy brać pod uwagę rzeczywiście wykonaną produkcję w tymże okresie czasu, a więc opierać się na wartości produkcji globalnej.

Dla otrzymania bardziej przejrzystego obrazu wykonano graficzny przebieg zmian charakterystycznych wielkości i przedstawiono go przy pomocy wykresu na rys. 1. Abstrahując od pewnych odchyień w różnych latach można było otrzymać potwierdzenie prawidłowości zachodzących zmian w latach 1960-1965. Odnosi się to do spadku wskaźnika zużycia ciepła (krzywa 5) i utrzymania na poziomie z niewielką tendencją wzrostu wskaźnika zużycia energii elektrycznej (krzywa 6). Zużycie ciepła spada z powodu przechodzenia na paliwa wysokokaloryczne, wiąże się z budową nowych i modernizacją istniejących urządzeń i agregatów, wykorzystaniem ciepła odpadowego i poprawą eksploatacji urządzeń hutniczych i energetycznych.

Wskaźniki zużycia energii elektrycznej nie ulegają poważniejszym wahaniom. Mają miejsce analogiczne jak w gospodarce ciepłej zmiany technologiczne-energetyczne, wyrównywane jednak przez zwiększenie poboru energii elektrycznej w czasie elektryfikacji i automatyzacji oraz przez wzrost produkcji energochłonnych wyrobów jak stal elektryczna, szlachetniejsze asortymenty plastycznej przeróbki stali i przez tlenownie.

Odpowiednie odbicie znajdujemy w przebiegu wskaźników kosztowych, stąd na ich podstawie można by było określić roczne zapotrzebowanie ciepła, a w oparciu o możliwości jego po-



Rys. 1. Przebieg zmian wskaźników energetycznych i ekonomicznych w hutnictwie żelaza i stali w latach 1960-1965

1 - produkcja stali, 2 - wartość produkcji globalnej, 3 - zużycie ciepła, 4 - zużycie energii elektrycznej bez potrzeb własnych elektrowni hutniczych, 5 - wskaźnik zużycia ciepła na t stali, 6 - wskaźnik zużycia energii elektrycznej na t stali, 7 - wskaźnik zużycia ciepła w odniesieniu do wartości produkcji globalnej, 8 - wskaźnik zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do wartości produkcji globalnej

krycia, zgodnie z wytycznymi rozwoju bazy paliwowo-energetycznej, otrzymać żądane ilości odpowiednich rodzajów energii.

Należy jednak podkreślić trudności, jeśli nie wprost niemożliwość sprecyzowania wartości produkcji globalnej w odległych okresach planu długofalowego. Trzeba było szukać prawidłowości w innych zależnościach. Prawidłowość ta mogłaby być przejściową i charakterystyczna tylko dla naszego hutnictwa. Analizując zmiany wartości produkcji globalnej całego zjednoczenia i odnosząc ją do ilości wyprodukowanej stali stwierdzono, że stosunek tych wartości nie uległ w ciągu lat 1960-1965 zasadniczym odchyleniom i wahał się w granicach 7,42 - 7,54. 10^3 zł/t.

Odpowiednie wartości podano w poprzednio omawianej tabelicy 2.

Zakładając, że w następnych okresach stosunek ten nie będzie się zmieniał, można oprzeć się przy długofalowym prognozowaniu potrzeb energetycznych na zakładanych ilościach produkcji stali. Należy wziąć dalej pod uwagę wytyczne państwowe określające możliwości własnego wzgl. pochodzącego z importu pokrycia potrzeb energetycznych oraz zakładać tempo spadku wskaźników energetycznych, wynikające z wprowadzenia nowych technologii i postępu technicznego.

Biorąc powyższe pod uwagę, w oparciu o zmiany zachodzące w latach 1960 - 1965, wyznaczono matematyczny przebieg odpowiednich funkcji w tym okresie. Empiryczne postacie rozpatrywanych funkcji, zaczerpnięto z literatury (2,6) i przedstawiono je w siedmiu wariantach w tabelicy 3. Dobór grupy formuł zawierających tylko dwa parametry podyktowany był niewielką ilością danych wyjściowych oraz troską o utrzymanie błędów tych parametrów w rozsądnych granicach.

Z przedstawionych w tabelicy 3 postaci krzywych wybrano tylko te, dla których suma kwadratów odchyień między danymi wyj-

Porównanie wskaźników energetyczno-ekonomicznych w latach 1960-1965

Tablica 2

| Lata | Wytwarzalność | | | Zużycie | | | | Wskaźniki zużycia | | | |
|------|--------------------------|------------------------------|----------------|----------------------------|---|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | Ilość produkowanej stali | Wartość całkowitej produkcji | | Stosunek $\frac{W_1}{W_2}$ | energii elektrycznej potrzeb własnych elektrow. | ciepła | energii elektrycznej | energii elektrycznej | ciepła | energii elektrycznej | energii elektrycznej |
| | | W1 | W2 | | | | | | | | |
| | mln t. | mln zł. | mln zł. | 10^3 zł/t | 10^9 kcal/t | 10^6 kcal/t | kWh/t | 10^3 kcal/ 10^3 kWh | 10^3 kcal/ 10^3 kWh | 10^3 kWh/ 10^3 kWh | 10^3 kWh/ 10^3 kWh |
| | 1 ^x | 2 ^x | 3 ^x | 4 ^x | 5 ^x | 6 ^x | 7 ^x | 8 ^x | | | |
| 1960 | 6,239 | 46,913 | 46,824 | 7,50 | 2,884 | 12,870 | 462,3 | 1,712 | 61,5 | 1,717 | 61,6 |
| 1961 | 6,769 | 50,528 | 50,494 | 7,46 | 3,080 | 12,832 | 454,8 | 1,651 | 60,9 | 1,658 | 61,0 |
| 1962 | 7,189 | 54,217 | 54,695 | 7,54 | 3,323 | 12,708 | 462,9 | 1,685 | 61,3 | 1,669 | 60,7 |
| 1963 | 7,466 | 56,207 | 57,030 | 7,42 | 3,570 | 12,545 | 477,6 | 1,668 | 63,5 | 1,647 | 62,6 |
| 1964 | 7,989 | 59,921 | 60,608 | 7,48 | 3,805 | 11,888 | 475,8 | 1,588 | 63,5 | 1,566 | 62,7 |
| 1965 | 8,497 | 63,128 | 64,255 | 7,44 | 4,022 | 11,268 | 473,8 | 1,517 | 63,8 | 1,518 | 62,5 |

x) Oznaczenia na rysunku

Tablica 3

Rozpatrywane postacie krzywych

| Lp. | Postać | P r o d u k c j a | | Przewidywana produkcja w 1985 r. | Zużycie ciepła ogółem - brutto | | Przewidywane zużycie ciepła w 1985 r. 10^3 kcal/t | | |
|-----|------------------------|-------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------|----------|---|------------|-------|
| | | a | b | | a | b | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | $y = ax + b$ | 435 | 5,835 | 22,48 | 17 147 | - 192 | 11,000 | 344,99 | 6 010 |
| 2 | $y = ax^b$ | | | 743 888,10 | | | | 5012364,00 | |
| 3 | $y = ae^{bx}$ | 5943 | 0,059 | 23,05 | 27 866 | 11 027 | -0,019 | 355,48 | 6 743 |
| 4 | $y = a + \frac{b}{x}$ | | | 2464,43 | | | | 1906,62 | |
| 5 | $y = \frac{1}{ax + b}$ | 0,000008 | 0,000166 | 35,59 | 21 546 | 0,000002 | 0,000090 | 367,33 | 7 196 |
| 6 | $y = \frac{1}{ax + b}$ | | | 872,87 | | | | 2805,37 | |
| 7 | $y = a \ln x + b$ | 1189 | 162 | 229,48 | 9 929 | -466 | 10,839 | 513,82 | 9 322 |

ściowymi a wartościami dopasowanymi, była najmniejsza. Różnice wielkości sumy odchyłeń są bardzo znaczne zarówno w odniesieniu do produkcji jak i zużycia ciepła. Dodatkowe kryterium przydatności danej postaci krzywej stanowiła realność przewidywanych wartości w końcowym roku prognozowania.

Wychodząc z podanych przesłanek przyjęto dla przebiegu produkcji krzywą nr 1 w postaci:

$$y = 435 x + 5835$$

a zużycie ciepła ogółem brutto w dwóch alternatywach

$$y_1 = - 192 x_1 + 11\ 000$$

oraz

$$y_2 = 11027 \cdot e^{-0,019 \cdot x_2}$$

gdzie zmienne niezależne x , x_1 i x_2 równe są odpowiednim liczbom naturalnym poczynając od jedności dla 1960 roku.

W powyższy sposób otrzymana wartość wskaźnika zużycia ciepła brutto w odniesieniu do wyprodukowanej stali wyniosła 6 743 000 kcal/t, podczas gdy w/g obliczeń Biprohotu wyniosła zgodnie z danymi tablicy 1 - 6 561 000 kcal/t.

Proponowany sposób długofalowego prognozowania daje się łatwo zastosować w obliczeniach bilansów energetycznych na elektronicznych maszynach cyfrowych, a przykładowy przebieg zmienności produkcji stali i wskaźników zużycia ciepła przedstawiono w tabl.4.

Tabela 4

Wartości przewidywane produkcji i zużycia ciepła

| Wyszczególnienie | Jednostka | L a t a | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 |
| Produkcja stali wykonana | | 6239 | 6769 | 7189 | 7460 | 7789 | 8497 | | | | | | | | |
| Produkcja stali dopasowana | 10 ³ t | 6271 | 6706 | 7141 | 7576 | 8011 | 8446 | | | | | | | | |
| Produkcja stali przewidywana | | | | | | | | 8881 | 9316 | 9751 | 10186 | 10621 | 12796 | 14972 | 17147 |
| Ogółem zużycie ciepła brutto osiągnięte | | 10706 | 10372 | 10674 | 10602 | 10045 | 9573 | | | | | | | | |
| Dopasowane 1 | | 10809 | 10617 | 10425 | 10233 | 10041 | 9849 | | | | | | | | |
| Przewidywane 1 | 10 ³ kcal | | | | | | | 9657 | 9465 | 9273 | 9081 | 8889 | 7929 | 6970 | 6010 |
| Dopasowane 3 | | 10820 | 10618 | 10419 | 10223 | 10032 | 9844 | | | | | | | | |
| Przewidywane 3 | | | | | | | | 9659 | 9478 | 9301 | 9126 | 8955 | 8147 | 7412 | 6743 |

LITERATURA

- [1] Bilanse energetyczne Polski, cz. III PAN-KEP. Materiały i Studia, tom IV, PWN - 1961 Warszawa - Łódź, s. 133-183
- [2] Demidowicz B.P. Moron J.A. Szuwałowa E.Z.: Czyslennyje metody analiza. Nauka, Moskwa 1967 r. s. 101-107
- [3] Komisja Planowania przy Radzie Ministrów. Podstawowe kierunki i propozycje rozwoju gospodarki PRL w latach 1961-1980. Warszawa październik 1960
- [4] Mikulski J.: Zużycie energii w hutnictwie żelaza i stali, KEP.PAN, Warszawa, kwiecień 1961
- [5] Mikulski J.: Metody prognozowania w gospodarce energetycznej hutnictwa żelaza i stali Hutnik XXXV 1968 nr 5 s. 240-245
- [6] Pawłowski Z.: Ekonometria, PWN Warszawa, 1966 s.72-120 i 147-183.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Р е з ю м е

В статье рассмотрены применяемые до настоящего времени методы прогнозирования энергетического хозяйства в чёрной металлургии, их положительные и слабые стороны, а также представлен новый метод, менее трудоёмкий и более современный.

**METHODS OF LONG-TIME PREDICTION OF POWER ECONOMY
IN THE IRON AND STEEL INDUSTRY**

S u m m a r y

The existing methods of programming the power economy in the iron and steel industry are discussed, and their merits and especially faults are pointed out. A new up-to-date and less time absorbing method of programming in the power economy is discussed.