

Zbigniew PIDRYCH

Instytut Transportu Kolejowego

Ryszard GAWROŃSKI

Instytut Matematyki
Politechniki Śląskiej

NIKTÓRE PROBLEMY ENERGOCHŁONNOŚCI SKUMULOWANEJ W TRANSPORCIE

Streszczenie. W artykule omówiono konieczność podjęcia badań nad energochłonnością skumulowaną w transporcie i dokonano zdefiniowania pojęć niezbędnych do jej określenia.

Przedstawiono system transportowy w postaci grafu przepływów sygnałów w celu uzyskania możliwości obliczenia wskaźników energochłonności skumulowanej. Proponowana metoda umożliwi kierowanie systemem, w przypadku ograniczeń dostaw nośników energii pierwotnej.

1. Wprowadzenie

Zaistniały z początkiem lat siedemdziesiątych kryzys energetyczny zwrócił uwagę wszystkim krajom na fakt, że korzystanie z energii w sposób nieograniczony w perspektywie najbliższych lat stwarzać będzie kolosalne trudności, które mogą być złagodzone jedynie przez wprowadzenie znacznych ograniczeń w zużyciu energii. Konieczność wprowadzenia ograniczeń podyktowana jest zarówno coraz to większymi kosztami wydobycia, jak i wyczerpywaniem się zasobów surowcowych. Śladem zaistniałego kryzysu są wysokie ceny sprzedazy surowców energetycznych na rynkach światowych oraz świadomość zmniejszonego wydobycia podyktowana uwarunkowaniami ekologicznymi.

Uwarunkowania te zapoczątkowały w skali międzynarodowej działania mające na celu znalezienie substytutów dotychczasowych surowców energetycznych i innych rozwiązań techniczno-organizacyjnych, bardziej energooszczędnych, we wszystkich sektorach gospodarczych.

Konieczność tych poczynań podyktowana jest sytuacją, w której osiągnięto bardzo wysoki poziom konsumpcji energii na świecie i w niedługim czasie ludzkość może stanąć przed "barierą energetyczną" hamującą dalszy rozwój ekonomiczny. Dlatego należy podjąć niezwłocznie badania mające na celu odkrycie nowych źródeł energii i opracowywać bardziej energooszczędne technologie jej przetwarzania i wykorzystania. Działania takie winny prowadzić do niezbędnego wzrostu gospodarczego, przy jednoczesnym wyeliminowaniu groźby niedoboru stosowanych postaci energii pierwotnej.

Opierać się one powinny na analizie obecnych trendów rozwojowych i na wyborze takiej strategii, która w przyszłości wyeliminowałaby wszelkie niedobory w zakresie zaopatrzenia w energię.

Do najbardziej pilnych zadań dotyczących gospodarki krajowej, które należy rozwiązać w celu zahamowania tempa wzrostu zużycia energii należy zaliczyć:

- wprowadzenie nowych technologii o wysokim współczynniku sprawności w sektorze przemiany energii pierwotnej na końcową,
- przystąpienie do zastępowania deficytowych surowców energetycznych surowcami pozyskiwanymi w kraju,
- pozyskiwanie energii końcowej z innych surowców energetycznych przez odpowiednie przetwórstwo (np. węgla),
- opracowanie nowych rozwiązań technicznych w zakresie napędów, umożliwiających zastępowanie dotychczasowych form energii końcowej,
- wdrażanie wypróbowanych rozwiązań techniczno-organizacyjnych, zmniejszających energochłonność wytwarzanego produktu lub usługi.

Powyższe formy działania mające na celu oszczędności i substytucję poszczególnych nośników energii dotyczyć powinny również sektora transportu, stanowiącego znaczącego dobiorec w krajowym systemie paliwowo-energetycznym.

2. Transport w gospodarce narodowej

Krajowy system paliwowo-energetyczny jest dużym międzybranżowym kompleksem obejmującym zarówno sferę pozyskiwania, zakupu i przetwarzania nośników energii, jak i sferę ich użytkowania. Narastające trudności i ograniczenia w zaspokajaniu zapotrzebowania na paliwa i energię wymuszają konieczność poszukiwania optymalnej struktury tego systemu. Prowadzone w ciągu ostatnich lat badania dotyczące tego zagadnienia, biorą głównie pod uwagę przemysł i sektor socjalno-bytowy, pozostawiając transport na uboczu przyjmując, że zużywa on około 9-13% łącznej ilości wytworzonej i nabytej energii końcowej, liczonej w tonach paliwa umownego. Bierze to się stąd, że transport występując w różnych działach gospodarki narodowej z racji czynników organizacyjnych i prawno-finansowych jest bardzo trudno uchwytne statystycznie. Jeżeli już dane statystyczne są podawane, to mają postać nieujednoliczoną i korzyści z tych wielkości w opracowaniach statystycznych są niewielkie.

Jako przykład mogą służyć: transport branżowy i technologiczny występujący zarówno w przemyśle jak i w sektorze socjalno-bytowy oraz komunikacja miejska, transport indywidualny i rolniczy, ujmowane wyłącznie w sferę usług socjalno-bytowych.

Bardzo łatwo jest przeprowadzić analizę energetyczną transportu kolejowego, lotniczego, PKS i żeglugi śródlądowej podległym resortowi komunikacji oraz żeglugi morskiej i transportu rurociągowego podległym resortowi gospodarki morskiej i chemii.

Systematyzując istniejącą sytuację, celowym jest oddzielenie transportu wodnego i lotniczego od lądowego z racji pełnej ich autonomii. W końcowym bilansie energetycznym należy jednak uwzględnić zużycie energii przez transport wodny, które w 1980 roku wynosiło $16,09 \cdot 10^6$ Tcal (1,3 mln t.p.u.) z czego 93% przypada na żeglugę morską oraz przez transport lotniczy $1,23 \cdot 10^6$ Tcal (0,18 mln t.p.u.).

Podczas, gdy w transporcie wodnym i lotniczym istnieją niewielkie możliwości oszczędzania energii paliw płynnych szczególnie w zastępowaniu ich innymi formami energii końcowej, to w transporcie lądowym te możliwości istnieją, głównie tam gdzie można wykorzystywać energię z rodzimych zasobów energetycznych.

Z racji występowania transportu w różnych działach gospodarki narodowej, nie podlega on zintegrowanej koordynacji. W związku z czym efektywność jego nie jest proporcjonalna do ponoszonego, eksploatacyjnego wydatku energetycznego.

3. Energochłonność skumulowana usługi transportowej

Prowadzone obecnie badania nad możliwością oszczędzania energii w transporcie, wskazują na dwa kierunki działań, które powinny być szczególnie intensywnie prowadzone w przyszłości:

1. Poszukiwanie optymalnej struktury dla krajowego bilansu paliwowo-energetycznego przez zastępowanie jednych nośników energii - drugimi oraz wprowadzanie nowych technologii lub preferowanie pewnych bardziej energooszczędnych sposobów użytkowania energii.

2. Obniżenie jednostkowego zapotrzebowania na energię w środkach transportowych, co wiąże się z koniecznością zwiększenia jednostkowego współczynnika sprawności w łańcuchu od pozyskania surowców pierwotnych do określonej usługi transportowej.

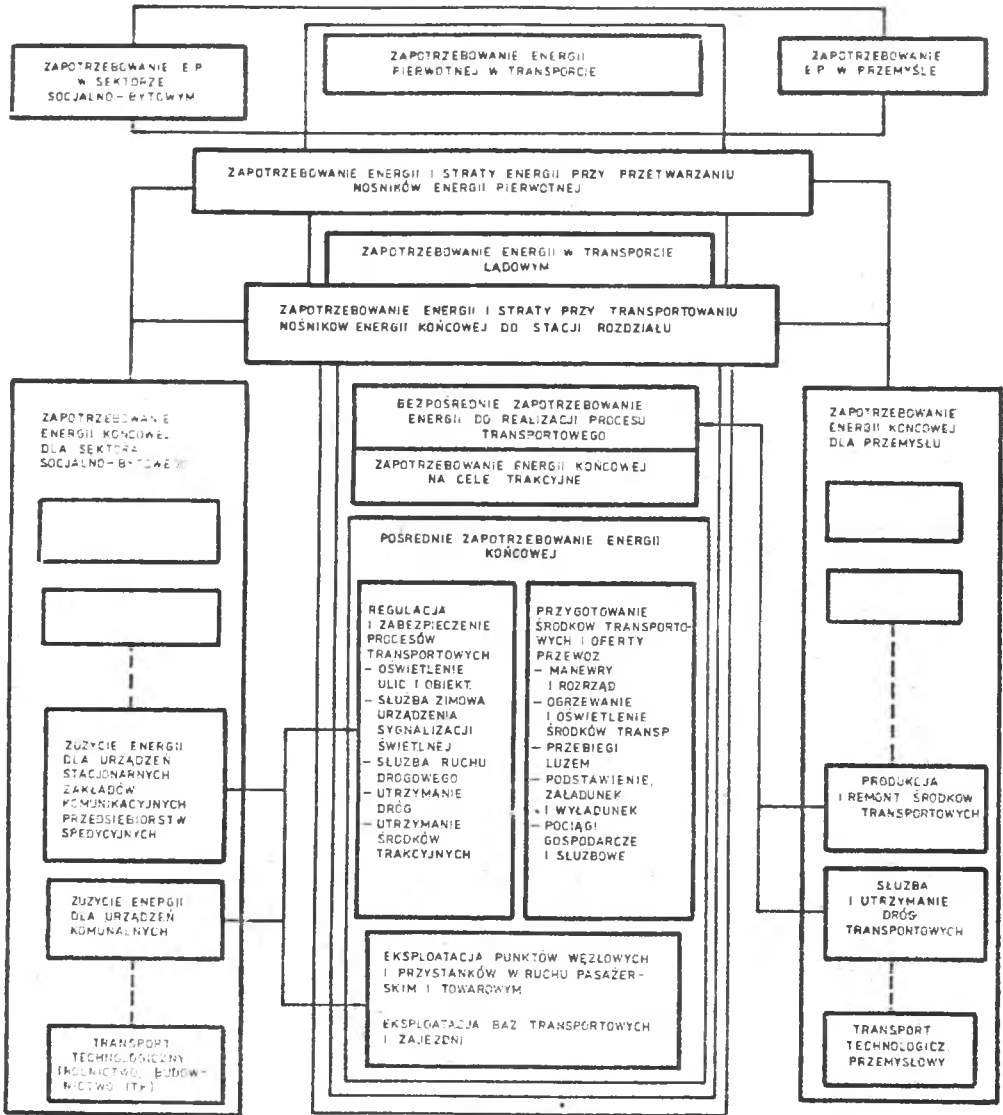
Na bilans energetyczny kraju składa się wielkość energii otrzymanej z produkcji krajowej, zmian stanu, z salda w handlu zagranicznym i magazynowania.

Można przyjąć, że energia jest rozdzielona na trzy główne sektory odbiorców:

- przemysł,
- socjalno-bytowy,
- transport.

Przy takim podziale bilansowe rozgraniczenie głównych użytkowników nie pokrywa się z systematycznym rozgraniczeniem, co zostało uwidocznione na rys.1.

KRAJOWE ZAPOTRZEBOWANIE ENERGII



Rys. 1. Systematyczne i bilansowe rozgraniczenie składników zapotrzebowania energii końcowej i pierwotnej.

I tak np. pośrednie zużycie energii końcowej dla zabezpieczenia procesu przewozowego w transporcie kołowym obejmującego oświetlenie ulic, służby zimowe, sygnalizację świetlną, utrzymanie nawierzchni i inne, bilansowo są ujęte w sektorze socjalno-bytowym, podobnie jak komunikacja i transport technologiczno-branżowy, zamiast w sektorze transportu. Podobna sytuacja jest w sektorze przemysłu, który świadczy na rzecz transportu wydatek energetyczny na utrzymanie i budowę infrastruktury transportowej i produkcję środków transportowych. Oprócz tego przemysł posiada własny transport technologiczny i branżowy, który w górnictwie, hutnictwie i energetyce odgrywa znaczącą rolę w działalności tych branż.

Przykładem przemieszczania się energii z sektora przemysłu do transportu może być skumulowany wydatek energetyczny na wyprodukowanie lokomotywy elektrycznej Co+Co wynoszący 8000 GJ (272 t.p.u.) lub samochodu osobowego 72 GJ (2,4 t.p.u.). Przeliczając zużycie energii na wyprodukowanie 1 Mg gotowego produktu otrzymamy jednostkowy wskaźnik w wielkościach odpowiednio 70 GJ i 120 GJ, który może wskazywać na opłacalność eksportu i produkcji rynkowej wyrobów na użytek transportu.

Aby otrzymać całkowite zużycie energii w transporcie i tym samym określić jego udział w bilansie energetycznym kraju, należy dokonać komasacji usług transportowych z sąsiednich sektorów, z sektorem podstawowym i uwzględnić wydatek energetyczny tych sektorów na rzecz sprawnego przebiegu procesu transportowego i wymaganej podaży transportowej.

Uwzględnienie powyższych faktów posiada niezwykle ważne znaczenie ze względu na fakt, że wytworzenie usługi transportowej powoduje nie tylko zużycie energii w bezpośrednim procesie jej powstawania (co ma miejsce w dotychczasowych obliczeniach), ale również we wszystkich wcześniejszych procesach, bez których nie mogłaby być wytworzona.

Taką całkowitą ilość energii zużytą do realizacji danej usługi transportowej przyjęto nazywać skumulowanym zużyciem energii, a całe zagadnienie "energochłonnością skumulowaną" usługi transportowej.

Opierając się na wytycznych opracowanych przez "Symposium wskaźnikowe" Międzynarodowej Konferencji Energetyki Przemysłowej można sformułować w następujący sposób pojęcie skumulowanego zużycia energii w transporcie: Skumulowanym zużyciem energii przypadającej na wykonanie usługi transportowej (energochłonnością skumulowaną) nazywamy sumę całkowitego wydatku energii ponieszonego w procesie eksploatacji i obsługi urządzeń uczestniczących w produkcji usługi transportowej.

W związku z tym zużycie energii na wytworzenie usługi transportowej obejmować będzie dwa składniki:

- a) skumulowaną energochłonność eksploatacyjną obejmującą energię zużytą na:
 - bezpośredni proces usługi transportowej,
 - pozyskanie i przetworzenie nośników energii zużytych bezpośrednio w procesie,

- transport (przesył) nośników do miejsca zużycia,
 - pozyskanie surowców i wytworzenie materiałów niezbędnych dla utrzymania infrastruktury transportowej,
 - transport surowców i materiałów z miejsca ich wytworzenia do miejsca zużycia naprawczego;
- b) skumulowaną energochłonność inwestycyjną rozchodowaną na:
- pozyskanie surowców i materiałów oraz ich transport do miejsca budowy obiektów transportowych,
 - wybudowanie infrastruktury transportowej,
 - wytworzenie środków technicznych i urządzeń, za pomocą których uzyskuje się usługę transportową.

Jak wynika z powyżej sformułowanego pojęcia w skład energochłonności skumulowanej wchodzi dużo czynników i dlatego pojawiają się trudności w ilościowym jej określeniu. Dlatego w obecnie prowadzonych badaniach zakłada się pewne uproszczenia polegające na tym, że uwzględnia się tylko energochłonność eksploatacyjną, pomijając mniejszą, choć też znaczącą energochłonność inwestycyjną. Według danych literaturowych zużycie energii dla potrzeb tylko trakcyjnych stanowi około 80% zużycia eksploatacyjnego, podczas gdy energochłonność inwestycyjna dotychczas nie jest uwzględniana.

4. Jednostkowe zużycie energii

W celu porównania różnych podsystemów systemu transportowego pod kątem zużycia energii i elastyczności na przedsięwzięcia mające na celu zmniejszenie tego zużycia, wprowadza się wielkość jednostkowego zużycia energii w procesie realizacji produkcji transportowej.

Jednostkową energochłonność oblicza się jako średnie zużycie energii, bezpośrednie lub skumulowane na jednostkę usługi transportowej w pewnym okresie, zwykle roku. Jest to więc pewien miernik ilości zużytej energii dla realizacji usługi transportowej. Aby jednak pojęcie to było jednoznaczne i przydatne do dalszych badań należy podać granicę przedziału obliczeń, wielkości odniesienia i definicję nakładu energii (energia końcowa, energia pierwotna względnie pośrednie formy energii) oraz definicję dokładną samego pojęcia. I tak jednostkowym zużyciem energii przyjmuje się wielkość zużytej energii na uzyskanie jednostki pracy, co przedstawia sobą iloraz wielkości energii i jednostki pracy. Odwrotność jednostkowego zużycia energii przyjęto nazywać skutecznością energetyczną.

Dobrze jest również wprowadzić pojęcie skumulowanego zużycia energii przypadającego na jednostkę usługi transportowej, na którą składa się:

1. Jednostkowe skumulowane zużycie eksploatacyjne energii. Jest to skumulowane zużycie eksploatacyjne w danym okresie przypadające na jednostkę usługi transportowej w tym okresie.

2. Jednostkowe skumulowane zużycie inwestycyjne energii. Jest to skumulowane zużycie inwestycyjne przypadające na jednostkę usługi transportowej wytworzonej w całym okresie amortyzacji przyjętym dla urządzeń i obiektów infrastruktury transportowej.

Rozróżniamy następujące rodzaje energii, które w definicji muszą być ściśle określone:

Energia końcowa - od zbiornika paliwa lub odbieraka prądu. Jej nośnikami są: benzyna, olej napędowy, prąd elektryczny itp.

Energia pierwotna - obejmuje ilość energii zużytej do celów energetycznych i nieenergetycznych, łącznie ze stratami wynikłymi z przetwarzania energii w elektrowniach, rafineriach itp., i z rozdziału przez nośniki energii końcowej do stacji rozdzielczych (stacja paliw, podstacje trakcyjne itp.).

Energia wtórna - stopień pośredni między energią pierwotną i końcową. Obejmuje nośniki energii końcowej i jest zużywana na potrzeby energetyczne i nieenergetyczne.

Na rys. 2 przedstawiono usystematyzowane zestawienie środków transportowych oraz rodzaje energii i napędu, które posłużyły do sporządzenia grafu energetycznego systemu transportowego.

5. Zastosowanie teorii grafów w badaniach energochłonności skumulowanej

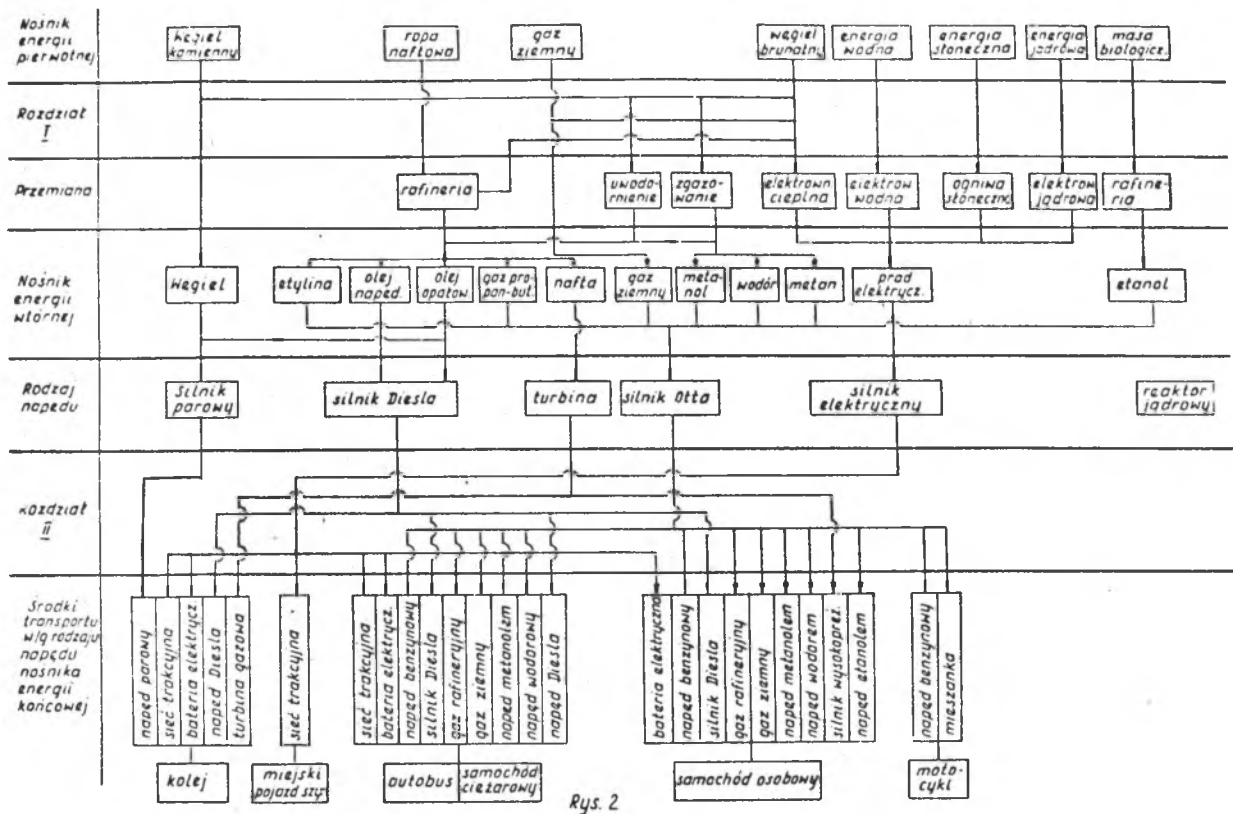
Ze względu na zasięg obliczeń stosowane do tej pory metody badania energochłonności skumulowanej można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Do grupy pierwszej zaliczyć można metodę analizy procesów, która polega na budowie ciągów kolejnych operacji technologicznych w sieci prowadzących do danej usługi wstecz, aż do pierwotnych nośników energii. Jest to metoda prosta, dająca dobre wyniki dla pojedynczej usługi. Obliczenia takie dla usługi transportowej w ograniczonym wymiarze były przeprowadzone w pracy [5].

Druga grupa metod oparta jest na modelu analizy przepływów międzygałęziowych. Jej główną zaletą jest możliwość obliczania wskaźników energochłonności skumulowanej dla całej branży gospodarki narodowej, a wadą są: uciążliwe obliczenia, mała przydatność dla pojedynczej usługi i fakt wyrażania wartości w jednostkach pieniężnych, co wobec nieepójności systemów kosztów i cen może prowadzić do mało precyzyjnych lub niekiedy błędnych ocen.

Istota tej metody polega na analizie bilansowych nakładów energetycznych na stworzenie pojedynczej usługi (wyrobu), co można zapisać w postaci równania macierzowego (1):

$$B^T \cdot X = X - C$$

(1)



Rys. 2

Rys. 2. Usystematyzowanie zestawienia środków transportowych wg rodzaju napędu i nośników

lub

$$X - B^T \cdot X = C \quad \text{względnie} \quad (I - B^T) \cdot X = C$$

i

$$X = (I - B^T)^{-1} \cdot C$$

gdzie:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} C_1 \\ P_1 \\ \vdots \\ C_n \\ P_n \end{bmatrix}$$

X_1 - wskaźnik energochłonności skumulowanej i-tego wyrobu (usługi),
 b_{1j} - wskaźnik zużycia i-tego rodzaju energii na j-ty wyrób (usługę),
 C_1 - ilość energii pierwotnej z i-tego nośnika,
 P_1 - ilość i-tego nośnika.

Układ równań (1) został rozwiązany z I.P.F.T. PAN i przedstawiony w pracy [2]. Wspomniana wyżej uciążliwość obliczeń w tej grupie metod wiąże się z potrzebą odwracania macierzy $I - B^T$.

Duże uproszczenie obliczeń może przynieść połączenie obu metod i zastąpienie jednostek pieniężnych jednostkami fizycznymi z jednoczesnym zastosowaniem teorii grafów. Uwzględniając ten fakt, otrzymamy model, który w przypadku systemu transportowego odzwierciedla jego stan rzeczywisty i uwidacznia przyczynowe powiązania poszczególnych elementów. Pozwala to również na sterowanie ruchem systemu w różnych sytuacjach energetyczno-paliwowych, organizacyjno-ruchowych i gospodarczo-społecznych. Zasadniczą zaletą modelu jest możliwość określenia zapotrzebowania na energię pierwotną w systemie paliwowo-energetycznym w określonej sytuacji w systemie transportowym. W tym celu należy rozwiązać układ (1) traktując wskaźniki X_1 jako parametry, a wartości C_1 jako niewiadome. Pozwala to na uzyskanie informacji niezbędnej w planowaniu polityki paliwowo-energetycznej kraju, adekwatnej do możliwości gospodarczych. W przypadku gdy obliczona w ten sposób ilość energii pierwotnej przekroczy dostępny jej przydział, należy zrezygnować z takiego scenariusza i szukać innych rozwiązań.

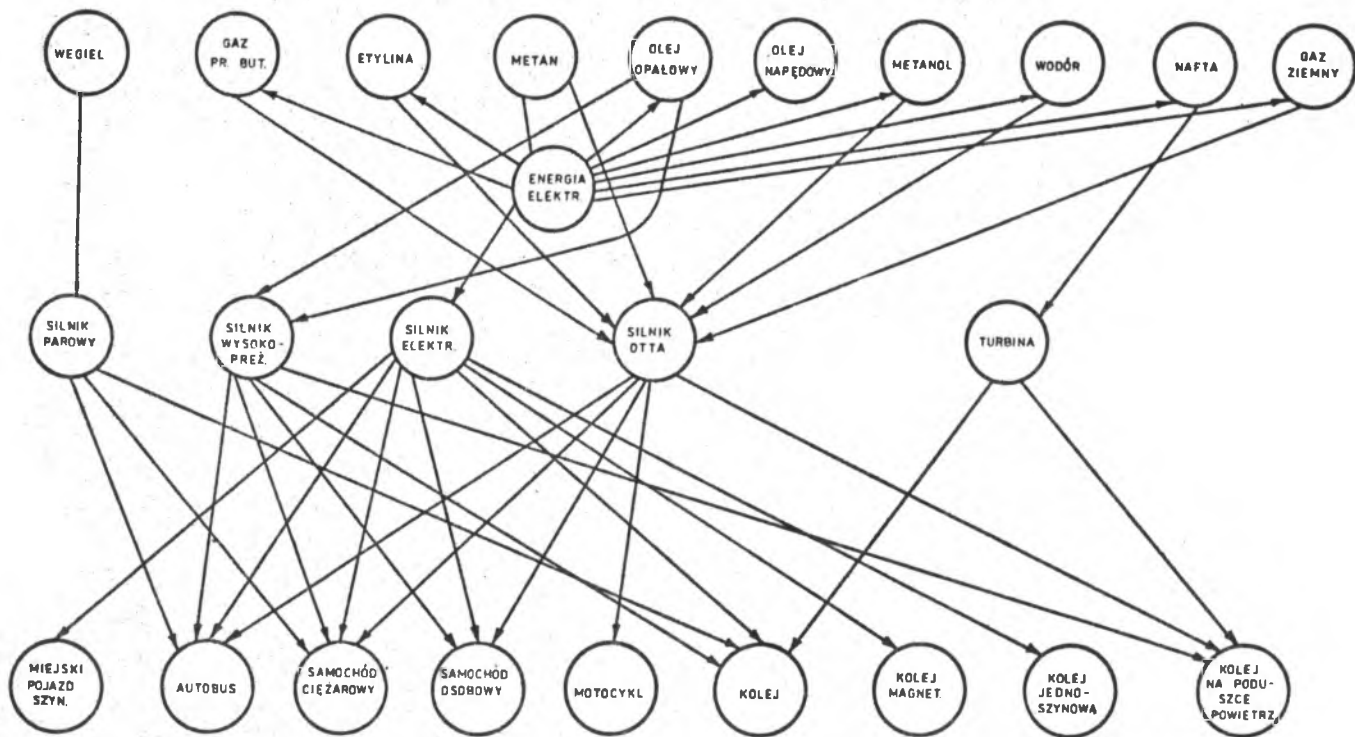
Jest to szczególnie ważne dla optymalizacji wydatku energetycznego systemu transportowego w stosunku do realizowanej oferty przewozowej. Tym większego faktu ten nabiera znaczenia, że tak obecnie jak i w niedalekiej przyszłości ograniczenia spowodowane sytuacją paliwowo-energetyczną kraju obejmą system transportowy. Należy więc żądać od modelu podania racjonal-

nego sposobu wykorzystania nośników energii pierwotnej i możliwości spraw-
dzenia czy zapotrzebowanie na energię pierwotną jest nie większe od wy-
znaczanego limitu przyznanego dla sektora transportu. Jest to podejście
systemowe do badania energochłonności skumulowanej, które dla transportu
jest szczególnie ważne. Transport jako całość jest systemem w sensie de-
finicji podanej przez W. Bojarskiego w pracy [3]. Jedną z najbardziej
istotnych cech wyróżniających elementy systemu jest ich energochłonność
skumulowana, która w przyszłości może stać się głównym kryterium efektyw-
ności transportu i przedsięwzięć organizacyjno-technicznych usprawniają-
cych jego funkcjonowanie [1].

Wykorzystując teorię grafów do badania energochłonności skumulowanej
przyjęto, że najbardziej odpowiedni dla tego celu model można zbudować
opierając się na grafach przepływu sygnałów. Pozwala on na sformułowanie
jednolitej koncepcji obliczeniowej i odwzorowanie rzeczywistej sieci
transportowej, co powoduje, że badania te stają się bardziej przejrzyste
i dostępne dla wykorzystania maszyn cyfrowych.

Graf przepływu sygnałów jest grafem zaetykietowanym, skierowanym i wa-
żonym [4]. Jego wierzchołkom odpowiadają w rzeczywistości nośniki energii
pierwotnej i wtórnej, ich przemiana, rodzaj napędu oraz środki transpor-
towe. Na rys. 3 pokazano fragment grafu sieci energetyczno-transportowej
bez nośników energii pierwotnej i ich przemiany. Krawędzie wchodzące do
poszczególnych wierzchołków odpowiadają rzeczywistemu zużyciu energii
z wierzchołków, z których wychodzą. Relacje te mogą być jedno- lub dwu-
stronne, co w grafie odwzoruje się jako krawędzie pojedyncze lub równo-
ległe. Ponieważ graf jest odwzorowaniem sieci rzeczywistej, relacja po-
wyższa oznacza pozyskiwanie lub zużycie energii we wzajemnych powiąza-
niach w systemie. Pętla wystąpi wówczas, gdy energia została zużyta na
potrzeby własne. Waga każdej krawędzi powinna być ilość energii pobrana
z wierzchołka, z którego ta krawędź wychodzi.

Dla pierwotnych nośników energii w grafie zarezerwowano dwa wierzchoł-
ki; jeden źródłowy - bez krawędzi wchodzących i drugi z obu rodzajami
krawędzi, tzn. wchodzącymi i wychodzącymi. Krawędzie wchodzące oznaczają
nośniki pozyskane ze źródła, a wychodzące symbolizują nośniki przetworzo-
ne i uszlachetnione. Dzięki wykorzystaniu teorii grafów i ETO można się
pozbyc niedogodności omawianej powyżej metody badania energochłonności
skumulowanej, opartej na analizie przepływów międzygałęziowych. Również
w tym podejściu naturalnie uwidocznione są powiązania elementów w syste-
mie, które w interpretacji algebraicznej są mało widoczne. Wykorzystując
reprezentacje macierzowe grafów, można przebadać wszystkie drogi skiero-
wane między dwoma dowolnymi wierzchołkami, co pozwala stwierdzić ile
energii i z jakiego nośnika zostało zużyte na nakłady energetyczne zwią-
zane z daną usługą transportową. W języku teorii grafów oznacza to bada-
nie dróg skierowanych do danego wierzchołka symbolizującego usługę trans-
portową od wierzchołków źródłowych.



Rys. 3. Fragment grafu sieci energetyczno-transportowej

Grafy przepływu sygnałów pozwalają również w obliczeniach energochłonności skumulowanej zawęzić model obliczeniowy przez tzw. dokompozycję grafu. Jest to o tyle korzystne, że prowadzi do zmniejszenia ilości niewiadomych i powoduje podział modelu obliczeniowego na ogniwa centralne i peryferyjne [1, 4].

6. Podsumowanie

Główną zaletą proponowanej metodyki obliczeń energochłonności skumulowanej jest możliwość sprowadzenia tego zagadnienia do obliczeń przepływu energii i materii w systemie z równoczesną możliwością uzyskania na różnych poziomach informacji związanych z tą energochłonnością. Pozwala to na wyeksponowanie ilościowego i jakościowego związku energochłonności skumulowanej ze świadczoną usługą transportową, przy zachowaniu możliwości obliczeń tego typu dla pojedynczej usługi (wskaznika jednostkowego zużycia energii).

Możliwość obserwacji "przepływu czynnika w systemie", który stanowi jedną z głównych cech realnego systemu, charakteryzującego się istniejącym w każdym momencie rozkładem energii i materii określającym jego rzeczywisty, chwilowy stan, pozwala określić ilościowo energochłonność skumulowaną w rozpatrywanych podsystemach transportowych. Dzięki temu można prowadzić badania nad zintegrowanym systemem transportowym kraju w przypadku, gdy kryterium jego rozwoju stanowić będą wskaźniki jednostkowego i globalnego zużycia energii w ujęciu rodzajowym i w skumulowanych jednostkach porównywalnych.

Konieczność tych badań podyktowana jest krajową sytuacją energetyczną, dla której okres taniej i łatwodostępnej energii minął, a najbliższe lata cechować będą ograniczenia, wzrost cen ropy naftowej oraz sięganie do coraz to niższych pokładów węgla, wymagające zwiększonego wydatku energetycznego na jego wydobycie.

Pokonanie stojących przed gospodarką trudności wymagać będzie rozwiązania niezwykle trudnego i złożonego zadania polegającego na przystosowaniu systemu surowcowo-energetycznego kraju i odpowiadającego mu bilansu paliwowo-energetycznego do nadchodzącego okresu ograniczeń. Podstawowym wymogiem będzie to, aby strona czynna bilansu - ilość dostępnej energii pierwotnej była uwzględniona jako podstawa do prognozowania i planowania rozwoju gospodarki narodowej. Uwzględniając inne dane, np. demograficzne, zasoby siły roboczej, stan gospodarki - dostępna ilość energii pierwotnej powinna współdecydować o wyborze optymalnej strategii rozwoju społeczno-gospodarczego.

Przy tak postawionym zadaniu, w przypadku transportu powinno nastąpić odwrócenie pojęć dotychczas stosowanych w praktyce.

Z dotychczasowego - tyle zużycia energii ile wynika z realizowanej usługi świadczonej w procesie transportowym, na realizację niezbędnego procesu transportowego w oparciu o przyznaną ilość energii wynikającą z sytuacji paliwowo-energetycznej kraju. Nowe podejście zmusza do integracji technik przewozowych, wykorzystania tych gałęzi transportu, które charakteryzują się najniższą energochłonnością i działań natury techniczno-organizacyjnych.

W celu właściwego rozdysponowania energii na poszczególne podsystemy transportowe można zastosować proponowaną metodę obliczania energochłonności skumulowanej. Znajomość wskaźników energochłonności skumulowanej przyczynić się może do poprawy efektywności gospodarowania, jednocześnie łagodząc skutki kryzysu energetycznego. Wymuszają one wykonanie tych samych zadań przewozowych przy znacznie zmniejszonym zużyciu energii. Wykorzystując proponowane narzędzie badawcze, można będzie przystąpić do stworzenia zintegrowanego systemu transportowego z właściwym wykorzystaniem istniejących technik przewozowych.

LITERATURA

- [1] Z. Bibrowski i inni: Energochłonność skumulowana. PWN, Warszawa 1983.
- [2] W. Bojarski i inni: Podejście systemowe i niektóre zagadnienia modelowania. IPPT-PAN, Ossolineum 1977.
- [3] W. Bojarski: Badania systemowe w gospodarce paliwowo-energetycznej. IPPT-PAN, Ossolineum 1977.
- [4] N. Deo: Teoria grafów i jej zastosowanie w technice i informatyce. PWN, Warszawa 1980.
- [5] W. Pittkau: Energochłonność transportu w Polsce. "Przegląd Komunikacyjny", Nr 11-12, 1979.

Recenzent: Doc. dr Jan Wiesner

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1984 r.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КУМУЛИРОВАННОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ В ТРАНСПОРТЕ

Р е з ю м е

В статье рассмотрена необходимость проведения исследований кумулированной энергоёмкости в транспорте и предложены определения основных понятий. Представлено транспортную систему в виде графа протекания сигналов с целью

получения возможности определения показателей кумулированной энергоемкости. Предложенный метод позволяет управлять системой в случае ограничения подачи определенного рода энергии.

SOME PROBLEMS OF CUMULATIVE ENERGY CONSUMPTION IN TRANSPORT

S u m m a r y

The article points out the need to undertake the research of cumulative energy consumption in transport. The authors formulate necessary definitions to describe the notion.

A transport system is represented in the form of a graph so as to obtain the possibility to evaluate the factors of cumulative energy consumption. The proposed method will enable the control of traffic flow in a system with limited energy sources.