



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

ENERGIA, ŚRODOWISKO | EKONOMIA

Wiesław Ciechanowicz

Warszawa 1995



ENERGIA, ŚRODOWISKO
I
EKONOMIA

Wiesław Ciechanowicz

Warszawa 1995

Opiniodawcy: Prof. dr hab. inż. Jan Łach
Prof. dr hab. inż. Jan Madejski
Członek rzeczywisty PAN

Wydano z wykorzystaniem dotacji
KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH



~~Bibl. polska~~ 43297

Wykonano z oryginałów tekstowych dostarczonych przez autora

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 1995

ISBN 83-85847-06-5

Mojemu wychowawcy

Janowi Semce – bojującemu o polskość Ziemi
Sztumskiej w czasie plebiscytu, Żołnierzowi Armii Krajowej,
a następnie więźnowi politycznemu PRL.

Wstęp

Celem niniejszej monografii jest omówienie zbioru źródeł energii i zbioru technologii jej użytkowania z punktu widzenia możliwości rozwoju sektorów konsumentów i producentów energii. Kładzie się przy tym nacisk na problematykę ochrony środowiska, a także warunki ekonomiczne wprowadzenia tych technologii i źródeł energii do gospodarki narodowej.

Energia jest podstawą rozwoju społeczeństwa. Poziom jej konsumpcji w dużym stopniu świadczy o postępie w rozwoju sił wytwórczych społeczeństwa, a także o postępie technologicznym. Okres lat 1950-70 charakteryzował się szybkim wzrostem konsumpcji energii. Jeżeli podczas całego okresu rozwoju cywilizacji, ludzkość zużytkowała energię w ilości równoważnej ponad 250 mld ton węgla, to 2/3 tej ilości przypada na lata po drugiej wojnie światowej. W 1985 roku łączne zużycie paliw kopalnych, a więc: węgla, ropy i gazu, stanowiło - w przeliczeniu na węgiel - około 11 miliardów ton. Przewiduje się, że zapotrzebowanie na energię może osiągnąć w przeliczeniu na węgiel: 13-15 mld ton w 2000 roku i 40-80 mld ton rocznie przy końcu XXI wieku. W sprostaniu przewidywanemu wzrostowi zapotrzebowania na energię w okresie następnym 30-50 lat znaczny udział będą zapewne miały paliwa kopalne. Znaczący udział może mieć także energia jądrowa, ale pod warunkiem, że będzie akceptowana przez społeczeństwo. Można oczekiwać, że będzie również wzrastał udział takich źródeł odnawialnych, jak energia: słoneczna, biomasy i wiatru.

Obok problemu energii powstaje i narasta problem środowiska naturalnego. W szerokim sensie jest on rozumiany jako związane z użytkowaniem energii, bezpośrednio lokalne oddziaływanie na zdrowie ludzkie, a to poprzez wpływ kwaśnych deszczów, oraz wpływ na biosferę i zmianę klimatu planety w wyniku narastania efektu cieplarnianego, powodowanego emisją dwutlenku węgla do atmosfery.

Z każdym rokiem stają się coraz bardziej zauważalne zagrożenia destrukcji bilansów ekologicznych tak w sensie globalnym jak i lokalnym. Przyczyna takiej sytuacji tkwi we wzrastającym zużyciu energii i strukturze zużycia jej nośników. Powstaje więc pytanie: **Co należy zrobić dziś, ażeby zachować naturę w przyszłości?** Rozwiązania problemu należy poszukiwać między innymi poprzez opracowywanie odpowiednich technologii użytkowania energii i wykorzystywania jej odnawialnych źródeł. Wymagać to jednak będzie niemałych nakładów finansowych. Powstaje więc obok problemu energii i środowiska problem ekonomii. Te trzy wzajemnie powiązane problemy mogą być rozwiązywane z punktu widzenia rozwoju gospodarki narodowej za pomocą badań systemowych, na podstawie których będzie możliwe:

1. *oszacowanie konsekwencji rozwoju sektorów konsumentów i producentów energii dla określonych scenariuszy rozwoju tych sektorów,*
2. *zweryfikowanie czy gospodarka narodowa będzie w stanie ponieść wyżej wymienione konsekwencje przy założonym scenariuszu rozwoju gospodarki,*
a następnie
3. *w wyniku oceny regionalnego rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego zasugerowanie regionalnej lokalizacji technologii redukcji zanieczyszczeń.*

Wśród szeregu decydentów i pewnej części społeczeństwa panuje konserwatywne przekonanie, iż w warunkach krajowych najkorzystniejsze są dotychczasowe technologie wykorzystywania paliw kopalnych, które są ponadto łatwo akceptowalne. Natomiast kwestia

wykorzystywania energii słonecznej, wiatru czy biomasy jest wciąż traktowana marginesowo, co po części wynika z braku odpowiednich informacji. Jednym z celów niniejszej monografii jest próba przynajmniej częściowego naświetlenia tej tak ważnej problematyki. Rozważane są bowiem zagadnienia: energii, środowiska i ekonomii, które coraz większego znaczenia nabierają w znajdywaniu odpowiedzi na następujące pytanie:

Jakiego rodzaju decyzje winny być podjęte dziś, ażeby zapewnić w przyszłości odpowiednie warunki rozwoju gospodarki narodowej?

Chciałbym wyrazić wdzięczność Panom: Profesorowi Janowi Madejskiemu i Profesorowi Janowi Łachowi – recenzentom niniejszej monografii – za szczegółowe i wnikliwe uwagi.

Dziękuję również moim kolegom z Instytutu Badań Systemowych PAN: dr. Piotrowi Holnickiemu, dr. Leonowi Stomińskiemu i mgr. Zygmuntowi Uhrynowskiemu oraz Panu mgr. Wiktorowi Lisowiczowi za pomoc w redagowaniu pracy.

Wiesław Ciechanowicz

Rozdział 8

Ekonomia energii

Tematem rozdziału są problemy planowania systemów energii, wybrane metody optymalizacji dynamicznej i statycznej w planowaniu rozwoju, lokalizacji i eksploatacji systemów energii, a także zagadnienia oceny opłacalności finansowej przedsięwzięć rozwoju i zagadnienia polityki energetycznej państwa.

8.1 Uwagi wstępne

Przed 2-gą wojną światową głównym czynnikiem decydującym o kosztach energii elektrycznej, wobec niskich cen paliw kopalnych, były koszty inwestycyjne siłowni. Mały one wraz ze wzrostem mocy jednostki energetycznej. Turbina o mocy 25 MW stanowiła dużą jednostkę. Po wojnie, w latach 60-tych, siłownie opalane paliwami kopalnymi zaczęły współzawodniczyć z elektrowniami jądrowymi. Parametrami decydującymi o kosztach produkcji energii elektrycznej były nadal koszty inwestycyjne, będące jedynie funkcją wielkości mocy w jednostce, wobec tanich paliw kopalnych i taniego kredytu inwestycyjnego. Reaktory jądrowe, z punktu widzenia wymagań odnoszących się do zachodzących w nich reakcji jądrowych, były jednostkami o mocy rzędu 100 - 400 MW dochodzącej do 1000 MW. Mając na uwadze konieczność współzawodniczenia siłowni paliw kopalnych z siłowniami jądrowymi zaczęto rozwijać turbiny parowe o dużych mocach, rzędu setek MW. Istniały projekty turbiny o mocy 3000 MW. Tani był nadal kredyt inwestycyjny.

W 1973 roku nastąpił kryzys energetyczny. Dodatkowym parametrem determinującym koszty energii elektrycznej stają się ceny paliw kopalnych, a z nimi koszty eksploatacji siłowni opalanych paliwami kopalnymi. W konsekwencji zaczyna nabierać znaczenia racjonalne użytkowanie energii, określane w literaturze zachodniej terminem "zachowanie energii" (energy conservation). W wyniku rozpoczętych badań nad technologiami zapewniającymi większą sprawność użytkowania energii zaczyna rosnąć zbiór konkurencyjnych technologii siłowni opalanych paliwami kopalnymi. Prowadzi się prace nad opanowaniem technologii produkcji substytutów ropy i gazu ziemnego, mając na uwadze perspektywę wyczerpywania się tych zasobów. Rozwój gospodarki światowej, wzrost stopy życiowej w wielu krajach, wzrost liczby ludności świata przyczyniają się do wzrastającego zużycia paliw kopalnych. To wzmaga konieczność ochrony środowiska w skali globalnej i lokalnej kuli ziemskiej. W konsekwencji powstaje zainteresowanie technologiami wykorzystywania odnawialnych źródeł energii. Rozwój technologii badań przestrzeni kosmicznych zapoczątkował opanowywanie technologii ogniwi paliwowych, pozwalających przetwarzać bezpośrednio energię swobodną reakcji chemicznych w energię elektryczną. Drożeje kredyt inwestycyjny, co stawia w uprzywilejowanej sytuacji technologie charakteryzujące się krótkim cyklem inwestycyjnym. Rośnie potencjalny światowy rynek na nowe moce elektrowni. Przewiduje się, że do 2010 roku w części zachodniej świata zainstaluje się 600000 MW, w krajach rozwijających się około 400000 MW [8.1]. Powstają projekty wykorzystywania energii słonecznej na przestrzeniach pustynnych Afryki i po przetworzeniu jej do energii elektrycznej lub wodoru przesyłania jej do Europy [8.2]. Ogniwa fotowoltaiczne zainstalowane na 10-ciu procentach

powierzchni Sahary mogłyby dostarczać w ciągu roku energię równoważną 8 mld ton węgla, co stanowi obecne światowe zapotrzebowanie na energię. Może to mieć istotne znaczenie, ponieważ w przyszłości redukcji o 50 % obecnej emisji dwutlenku węgla nie będzie można uzyskać poprzez bardziej efektywne użytkowanie energii i wzrastające wykorzystywanie energii jądrowej.

Ostatnio w literaturze pojawiło się nowe nazewnictwo dotyczące problemów wynikających z użytkowania energii. Jest to, między innymi, efekt cieplarniany, przyczyniający się do zmiany klimatu kuli ziemskiej, agroleśnictwo, którego zadaniem jest kultywowanie biomasy leśnej wykorzystywanej do celów energetycznych, a także ekonomia energii.

Słowo ekonomia jest pochodzenia greckiego. Według słownika wyrazów obcych oznacza zarządzanie gospodarstwem - racjonalne wydatkowanie środków materialnych lub pieniężnych, oszczędność, gospodarność. Według The New Lexicon Webster's Encyclopedic Dictionary - oszczędność, zapobiegliwość, unikanie strat. Przekładając te znaczenia na system obejmujący w skali kraju problemy popytu na energię, podaży energii i konieczności zachowania środowiska, ekonomię energii będziemy rozumieli jako poszukiwanie możliwie najkorzystniejszych rozwiązań problemów, dotyczących gospodarowania energią i związaną z jej użytkowaniem ochroną środowiska w różnych skalach czasowych. Wiąże się z tym zagadnienia:

1. konieczności ochrony środowiska,
2. perspektywy wyczerpywania się paliw kopalnych,
3. wzrastającego zapotrzebowanie na energię w skali świata w wyniku rozwoju ludzkości i wzrostu liczby ludności,
4. sięgania po odnawialne źródła energii,
5. perspektywy eksportu określonych urządzeń energetycznych,
6. możliwie najkorzystniejszego wykorzystywania paliw i energii w horyzoncie krótko-terminowym, średnioterminowym, długoterminowym, i w konsekwencji
7. planowania rozwoju i eksploatacji systemów energii.

Ekonomię energii mogą także kształtować:

- nowe aspekty strategii rozwoju systemów energii obejmujących nie tylko problemy rozwoju pojedynczych krajów, ale i kontynentów,
- prowadzenie odpowiedniej polityki na rynku energii, dotyczącej:
 - ustalania cen nośników energii,
 - wspomagania rozwoju odpowiednich technologii i
 - tworzenia barier instytucjonalnych preferujących lub ograniczających wykorzystywanie określonych źródeł energii lub nośników energii w skali krajów i świata.

Ochronę środowiska można rozumieć w sensie likwidacji szkód względnie zapobiegania szkodom. Obecnie stosowane technologie paliw kopalnych są najbardziej opłacalne z punktu widzenia właścicieli systemów energetycznych. Nie są korzystne ze względu na środowisko. Z punktu widzenia ochrony środowiska należałoby stosować technologie odnawialnych źródeł energii. Z drugiej strony stosowanie tych technologii spowoduje wzrost cen energii. W tej sytuacji szereg krajów (RFN, Szwecja) zaczyna dotować rozwój technologii najbardziej korzystnych dla środowiska, wychodząc z założenia, że lepiej jest zapobiegać szkodom niż likwidować je. Wobec tego, ekonomię energii należy także rozumieć nie tylko w sensie oszczędności, co uwzględnia się planując system energetyczny, ale także w sensie zapobiegliwości ze strony gospodarki narodowej, co winno być uwzględniane w jej długoterminowej strategii rozwoju.

Pierwszym działaniem prowadzącym do poszukiwania możliwie najkorzystniejszych rozwiązań problemów, dotyczących gospodarowaniem energią i ochroną środowiska jest planowanie, w ramach którego ma się podejmować możliwie najkorzystniejszych dla danych uwarunkowań decyzje. Pomocą w wyborze tych decyzji mogą być odpowiednie algorytmy optymalizacyjne. Z punktu widzenia ochrony środowiska decyzje te dotyczyłyby w pierwszej

kolejności wyboru strategii inwestowania w rozwój określonych technologii, harmonogramu instalowania i lokalizacji tych technologii. Jednakże wprowadzanie technologii prowadzących do ochrony środowiska nie będzie możliwe bez pomocy ze strony państwa. Powstaje więc problem określenia polityki energetycznej państwa. Te trzy grupy zagadnień, a także ocena opłacalności finansowej przedsięwzięć rozwoju, są tematem niniejszego rozdziału, a więc

1. problemy planowania systemów energii,
2. wybrane metody optymalizacji dynamicznej i statycznej w planowaniu rozwoju, lokalizacji i eksploatacji systemów energii,
3. ocena opłacalności finansowej przedsięwzięć rozwoju,
4. zagadnienie polityki energetycznej państwa.

8.2 Problemy planowania systemów energii

8.2.1 Uwagi wstępne

Popyt na energię jest wynikiem wykonywania swoich funkcji przez jej konsumentów, w rozważanym przypadku stanowiących branże odpowiednich sektorów gospodarki narodowej. Tworzą one system konsumpcji energii, lub system użytkowników energii. Podaż energii stanowi zaspakajanie potrzeb konsumentów energii, wyrażanych popytem. Zaspakajanie to jest spełniane przez system produkcji energii, wytwarzający szereg nośników energii. System ten, określany mianem systemu paliwowo-energetycznego, obejmuje pozyskiwanie, wytwarzanie i przetwarzanie nośników energii.

Znaczne zmiany w strukturze użytkowanych nośników energii wymagają około ćwierćwiecza. Dotyczy to w szczególności zagadnień rozwoju i inwestowania w nowe moce produkcyjne. Obok zagadnień planowania rozwoju, realizacji nowych inwestycji występują również problemy eksploatacji istniejących mocy produkcyjnych. Do tych problemów należy planowanie przeładunków w jednostkach jądrowych, planowanie przeglądów remontowych i normalna eksploatacja codzienna.

Mając powyższe na uwadze, problemy planowania, a także problemy popytu i podaży energii rozważa się w następujących okresach czasowych:

- rozwojowym - od 30 do 15 lat,
- długoterminowym - od 15 do 5 lat,
- średnioterminowym - od 2 do 1 roku,
- krótkoterminowym - okres tygodniowy.

Zagadnienia normalnej eksploatacji rozważa się w różnych okresach: w okresie jednego roku (optymalne wypalanie paliwa w reaktorze jądrowym), godzin (optymalne wyłączanie reaktora z minimalnym stężeniem ksenonu jako trucizny neutronów), sekund (wyłączenie reaktora w minimalnym czasie lub wyłączanie ze względu na stężenie ksenonu).

8.2.2 Planowanie rozwoju

Problem planowania rozwoju systemu konsumpcji i produkcji energii dotyczy określenia strategii rozwoju gospodarki narodowej z punktu widzenia energii i ochrony środowiska. Poszczególnymi elementami tego problemu mogą być:

- *oszacowanie konsekwencji rozwoju sektorów konsumentów energii i producentów energii dla określonych scenariuszy rozwoju tych sektorów,*
- a następnie
- *zweryfikowanie czy gospodarka narodowa będzie w stanie ponieść wyżej wymienione konsekwencje.*

Problem planowania rozwoju systemu konsumpcji energii może dotyczyć określenia:

- *możliwie najkorzystniejszych struktur udziałów technologii w poszczególnych branżach sektorów z punktu widzenia poszanowania energii i ochrony środowiska,*

- *strategii subwencjonowania kosztów wprowadzania niekonwencjonalnych technologii.* Problem planowania rozwoju systemu produkcji energii może polegać na określeniu:
- *możliwie najkorzystniejszej struktury udziałów technologii produkcji nośników energii z punktu widzenia poszanowania energii i ochrony środowiska,*
- *rozwoju systemu jądrowego rozszczepieniowego - przejście z obecnej generacji reaktorów jądrowych na uranie U-235, poprzez pośrednią generację reaktorów do generacji reaktorów samopotrzymujących się na uranie U-233,*
- *opanowywania wybranych technologii substytutów paliw kopalnych,*
- *strategii subwencjonowania kosztów wprowadzania technologii źródeł odnawialnych.*

8.2.3 Planowanie długoterminowe

Planowanie długoterminowe systemu konsumpcji energii może obejmować:

1. zagadnienie lokalizacji o możliwie maksymalnym zasięgu obsługi, co oznacza:
 - *obsługiwać możliwie największą liczbę ludności w regionie z określonego punktowego źródła, przykład - ciepłownia,*
2. zagadnienie lokalizacji o minimalnych kosztach, a więc:
 - *jak lokalizować nowe moce produkcyjne pomiędzy regionami, ażeby minimalizować sumę kosztów eksploatacji i przygotowywania terenu,*
3. zagadnienie regionalnego rozmieszczenia nowych mocy produkcyjnych, które wyjaśnia:
 - *jak rozmieścić nowe moce produkcyjne w regionach uwzględniając prognozę wzrostu liczby ludności i potrzeb regionu, ażeby minimalizować różnicę pomiędzy zapotrzebowaniem a produkcją w regionie.*

Planowanie długoterminowe systemu produkcji energii może dotyczyć:

1. zagadnienia lokalizacji o minimalnych kosztach, definiowanego w następujący sposób:
 - *lokalizować moce wytwarzające określoną wielkość nośników energii, tak ażeby minimalizować sumę kosztów eksploatacji i budowy infrastruktury, uwzględniając odpowiednie ograniczenia regionu,*
2. zagadnienia minimalnego oddziaływania, co oznacza:
 - *lokalizować siłownię (na przykład jądrową) w ten sposób, aby minimalizować obecność ludności w obszarze o określonym promieniu wokół niej, względnie minimalizować odległość określonego urządzania od skupisk ludności,*
3. zagadnienia sporządzania długoterminowego harmonogramu dostawy paliw, którego celem jest:
 - *określenie długoterminowego planu dostaw paliw, tak ażeby minimalizować całkowite koszty eksploatacji, uwzględniając: (i) ceny paliw, (ii) koszty transportu i magazynowania.*

8.2.4 Planowanie średnioterminowe

Planowanie średnioterminowe w odniesieniu do systemu produkcji energii może obejmować następujące zagadnienia:

1. w odniesieniu do występujących w systemie elektrowni jądrowych - zagadnienia przeładunku wypalonego paliwa i remontów reaktorów, a także zagadnienia optymalnego wypalania paliwa jądrowego,
2. w odniesieniu do elektrowni opalanych paliwami kopalnymi - zagadnienie remontu i sporządzania średnioterminowego harmonogramu pracy poszczególnych elektrowni.

8.2.5 Planowanie krótkoterminowe

Planowanie krótkoterminowe polega na sporządzaniu harmonogramu tygodniowego włączania do systemu energetycznego elektrowni podstawowych i pracujących w

szczytowym zapotrzebowaniu mocy, zapewniającego możliwie minimalne koszty produkcji energii elektrycznej.

8.2.6 Eksploatacja

W przypadku siłowni opalanych paliwami kopalnymi zagadnienia eksploatacji, oprócz planowania remontów, dotyczy sterowania bieżącego siłownią. W siłowni energetycznej opalanej paliwami kopalnymi można wyróżnić trzy podstawowe układy: kocioł parowy, turbinę i generator prądu zmiennego. Głównymi wielkościami sterowanymi są: ciśnienie pary na wlocie do turbiny, częstotliwość prądu zmiennego, a tym samym prędkość kątowna turbiny, oraz napięcie prądnicy prądu zmiennego. Sygnałem dla zmiany obciążenia paleniska w kotle jest sygnał głównej wielkości sterowanej, to znaczy ciśnienia pary, przekazywanym regulatorom ilości paliwa i powietrza. Ażeby uniknąć większych zmian współczynnika nadmiaru powietrza przy zmianie obciążenia, uzależnia się przemieszczanie członu wykonawczego regulatora ilości powietrza od przemieszczania członu wykonawczego regulatora ilości paliwa. Pomocniczymi wielkościami sterowanymi w obwodzie sterowania kotła parowego są: sterowanie poziomu wody, sterowanie ciągu i sterowanie temperatury.

Zagadnienie eksploatacji siłowni jądrowych jest bardziej złożone w porównaniu do eksploatacji siłowni opalanych paliwami kopalnymi. Wymaga podejmowania szeregu decyzji optymalnych. Optymalizacja warunków eksploatacji siłowni jądrowej ma na celu zmniejszenie kosztów produkcji energii elektrycznej wytwarzanej przez siłownię. Sposobami zmniejszania tych kosztów są:

1. zwiększanie ilości energii odbieranej z reaktora poprzez:

- zwiększanie gęstości mocy reaktora,
- optymalne wypalanie paliwa, prowadzące do przedłużenia kampanii paliwowej,

2. zwiększanie efektywnego czasu pracy siłowni w wyniku:

- sekwencyjnego rozruchu,
- optymalnego wyłączenia ze względu na stężenie ksenonu,
- nadzoru pracy siłowni.

8.3 Możliwe rodzaje zagadnień optymalizacji występujące w systemach energii

8.3.1 Uwagi wstępne

W wielu zagadnieniach planowania rozwoju względnie eksploatacji stawia się warunek, aby rozwiązanie było możliwie najkorzystniejsze. Oznacza to, że w takich przypadkach należy rozwiązać pewne zadanie optymalizacyjne, stosując określony algorytm względnie metodę optymalizacji. Zagadnienia optymalizacji można sklasyfikować jako:

- wielokryterialne, lub
- jednokryterialne.

Dalszy podział zagadnień optymalizacji może być dokonany ze względu na postać funkcji reprezentującej wielkość sterującą, a więc funkcji zmiennych przestrzennych i czasu lub tylko funkcji czasu. W konsekwencji tego model opisujący rozważany układ jest odpowiednio modelem o:

- parametrach rozłożonych (w przestrzeni i czasie), lub o
- parametrach skupionych (w przestrzeni),

czemu odpowiada sterowanie układów o parametrach rozłożonych lub skupionych.

W zależności od tego czy kryterium jest reprezentowane przez funkcję lub funkcjonal (operator, który przyporządkowuje elementom dowolnej przestrzeni elementy przestrzeni liczb rzeczywistych) mamy do czynienia z optymalizacją:

- statyczną lub
- dynamiczną.

Problem optymalizacji statycznej sprowadza się do programowania liniowego, gdy kryterium jest funkcja liniowa lub do problemu programowania nieliniowego, gdy kryterium jest funkcja nieliniowa.

Poniżej w kolejnych punktach zostaną rozważone, z punktu widzenia możliwości zastosowania do układów energetycznych, następujące zagadnienia optymalizacji:

- zagadnienie analizy wielokryterialnej,
- zagadnienie układów o parametrach rozłożonych.

Przeważająca większość zagadnień optymalizacji w systemach energii, dotyczących:

- eksploatacji, planowania średnioterminowego i krótkoterminowego,
- lokalizacji - planowania długoterminowego,
- strategii rozwoju - planowania rozwoju,

jest reprezentowana przez modele o parametrach skupionych. Mając to na uwadze, zanim zostaną omówione wyżej wymienione zagadnienia w dalszej części rozdziału, w niniejszym podrozdziale dokona się krótkiego przeglądu metod optymalizacji dynamicznej i programowania liniowego, mających zastosowanie do układów o parametrach skupionych.

8.3.2 Zagadnienie analizy wielokryterialnej w systemach energii

Ogólnie problem optymalizacji można sformułować w sposób następujący: wyznaczyć

$$\min_x \{ Q(x) / x \in \Omega \} \quad 8.1$$

przy czym

$$\Omega = \left\{ x: x \geq 0, R_i(x) \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} b_i, i = 1, \dots, m \right\} \quad 8.2$$

gdzie: x - wektor stanu,

Q - wskaźnik jakości, funkcja celu lub kryterium optymalizacji,

R_i - ograniczenia nierównościowe lub równościowe,

Ω - zbiór rozwiązań dopuszczalnych.

Funkcja celu, może być jednokryterialna względnie wielokryterialna. Problem wielokryterialny powstaje, gdy w ocenie realizacji poszczególnych celów nie można stosować wspólnej miary, a także kiedy może wystąpić konflikt pomiędzy grupą zagadnień.

W przypadku systemu paliwowo-energetycznego gospodarki narodowej potencjalnymi kryteriami poszukiwania najkorzystniejszych rozwiązań, które mogą być brane pod uwagę, są:

- niezależność energetyczna państwa,
- sprawność gospodarowania,
- jakość środowiska,
- rozdział regionalny, a także
- działanie inflacyjne gospodarki narodowej.

Miarą niezależności energetycznej państwa jest możliwość zaspokojenia popytu na nośniki energii poprzez produkcję krajowego systemu paliw i energii. Obecnie na niezależność energetyczną państwa mogą sobie pozwolić jedynie kraje posiadające wystarczające dla funkcjonowania gospodarki zasoby paliw kopalnych lub zasoby energii wodnej (przykład Norwegia). W przyszłości, w miarę wyczerpywania się zasobów paliw kopalnych, niezależność energetyczna będzie uzależniona od obecnie trafnego inwestowania znacznych zasobów finansowych w badania, rozwój i opanowywanie nowych źródeł energii. Można sobie wyobrazić, że zagadnienie to matematycznie winno być rozpatrywane jako zagadnienie probabilistyczne. Inną drogą jest podejście praktyczne do zagadnienia, co

czyni się między innymi w RFN. Poprzez analizę symulowanych różnych scenariuszy rozwoju, konfrontując z postępem rozwoju określonych technologii wybierać i finansować rozwój najbardziej prawdopodobnych rozwiązań [8.4, 8.3].

Miarą sprawności gospodarowania jest jednostka monetarna, określająca bilans rozpatrywanego systemu kraju czy przedsiębiorstwa. O wiele trudniej jest określić miarę jakości środowiska, jeżeli rozpatruje się wiele parametrów, które określają stan środowiska, a więc powietrze, woda, ziemia i zakłócenia hałasem. Wyjątkiem może być przypadek, gdy rozważa się jedynie zanieczyszczenie powietrza wynikające z użytkowania energii. Miarą tego zanieczyszczenia są ponoszone koszty socjalne wynikające z użytkowania poszczególnych paliw kopalnych lub źródeł energii. Koszty te wyraża się w jednostkach monetarnych. Nie istnieje wspólna miara dla oceny rozdziału nowych jednostek produkcyjnych pomiędzy regionami, i konsekwencji wynikających z tego rozdziału. Przykładem może być zmiana krajobrazu lub mikroklimatu powstałego w wyniku budowy stopni wodnych na rzece, a także niedogodność dla pewnej grupy ludzi. Pozostaje nam określenie miary ostatniego kryterium, jakim jest działanie inflacyjne. Oczywiście, że miarą tą jest deficyt budżetu, powodowany zadłużeniem zewnętrznym i wewnętrznym kraju, wyrażany w jednostce monetarnej.

Ogólny problem wielokryterialnej maksymalizacji można określić w następujący sposób

$$\max_{\bar{x} \text{ wykonalny}} [Z_1(\bar{x}), Z_2(\bar{x}), \dots, Z_p(\bar{x})] \quad 8.3$$

gdzie \bar{x} jest n -wymiarowym wektorem zmiennych decyzyjnych możliwych do wykonania, a $Z_k(\bar{x})$ jest k -tym kryterium, które jest funkcją n zmiennych decyzyjnych. Oznacza to, że maksymalizuje się równocześnie według wszystkich P kryteriów, przy spełnianiu warunku dopuszczalności, określonego ograniczeniami zmiennych decyzyjnych.

Ogólnie rzecz biorąc problem jednokryterialny różni się od wyżej określonego wymiarem funkcji celu. Jednakże istotą problemu wielokryterialnego jest wprowadzenie braku podrzędności, co zastępuje ideę optymalności problemu jednokryterialnego. Rozwiązanie jest pozbawione podrzędności, jeżeli nie istnieje możliwe do wykonania rozwiązanie, które przyporządkowuje wyższą wartość jednemu kryterium, nie przynajmniej niższej wartości przynajmniej jednemu z pozostałych kryteriów.

Istnieje kilka metod pozwalających uzyskać rozwiązanie problemów wielokryterialnych [8.5, 8.6, 8.7]. Jednakże praktyczne zastosowanie analizy wielokryterialnej w systemach energii znalazło zastosowanie w nielicznych przypadkach. Jednym z takich przykładów jest model RELM (regional energy facility location model) [8.8], uwzględniający następujące kryteria:

- minimalnych kosztów,
- najkorzystniejszego wykorzystywania zasobów wodnych,
- minimalnej różnicy pomiędzy zapotrzebowaniem a produkcją w regionie,
- minimalnego oddziaływania na bezpieczeństwo ludności.

W modelu RELM (o parametrach skupionych) dla rozwiązania wielokryterialnego problemu optymalizacji statycznej zastosowano programowanie liniowe, dla liczby zmiennych w granicach 100 - 200 i ograniczeń w liczbie 800 - 1300.

8.3.3 Zagadnienie układów o parametrach rozłożonych w systemach energii

Do układów reprezentowane przez modele o parametrach rozłożonych, występujących w systemach energii, należy głównie model rdzenia reaktora jądrowego, wykorzystywany do formułowania algorytmu optymalizacji warunków eksploatacji siłowni jądrowej. To

zagadnienie jest jedynym rozważanym zagadnieniem o parametrach rozłożonych, mającym zastosowanie do układów energetycznych.

Optymalizacja warunków eksploatacji siłowni jądrowej ma na celu zmniejszenie kosztów produkcji energii elektrycznej wytwarzanej przez siłownię. Jednym ze sposobów zmniejszania tych kosztów jest zwiększanie gęstości mocy reaktora, które może być rozpatrywane jako zagadnienie sterowania o parametrach rozłożonych, pod warunkiem, że może być fizycznie realizowalne.

Zagadnienie zwiększania gęstości mocy reaktora

Jedną z właściwości reaktora, którą różni się od innych urządzeń energetycznych, jest to, że jego moc w zasadzie nie zależy od wymiarów. Zależy przede wszystkim od zdolności odprowadzania ciepła, cechującej układ chłodzenia reaktora.

Ilość ciepła odprowadzana w czasie z rdzenia jest funkcją powierzchni wymiany ciepła F , różnicy temperatur ścianki elementu paliwowego i średniej temperatury chłodziwa ΔT i współczynnika przyjmowania ciepła α

$$Q = F * \Delta T * \alpha \quad 8.4$$

Przy ustalonej powierzchni wymiany ciepła i ograniczonej względami technologicznymi różnicy temperatur ΔT , o zdolności odprowadzania ciepła decyduje współczynnik przyjmowania ciepła. Przyjmuje on największą wartość w otoczeniu krytycznej wartości strumienia ciepła ze względu na zjawisko wrzenia pęcherzykowego [8.9]. Powoduje ono wzrost α dzięki burzliwości przyściennej warstwy wody.

Mając powyższe na uwadze, optymalnymi warunkami wymiany ciepła w rdzeniu są te, dla których strumień ciepła w rdzeniu osiąga wartość krytyczną w całym obszarze rdzenia reaktora. W tak pomyślanym idealnym przypadku ilość ciepła generowanego w rdzeniu winna być równa maksymalnej zdolności transportu ciepła z rdzenia.

Istnieje wiele czynników, które nie pozwalają eksploatować reaktora w sposób idealny tak, aby wykorzystywać maksymalne zdolności transportu ciepła przez układ chłodzący. Wpływ na to przede wszystkim mają:

- nierównomierność generacji ciepła w rdzeniu,
- nierównomierność warunków wymiany i transportu ciepła,
- możliwość występowania wewnętrznych i zewnętrznych zakłóceń generacji i transportu ciepła spowodowanych różnego rodzaju awariami.

Dla zapewnienia bezpiecznej pracy reaktora wprowadza się pewien margines bezpieczeństwa w zdolności odprowadzania ciepła. Określa się go między innymi poprzez współczynnik gorącego kanału w odniesieniu do przyrostu entalpii zdefiniowanego przez zależność [8.9]

$$F_{\Delta I} = \frac{\text{maksymalny wzrost entalpii w gorącym kanale}}{\text{średni wzrost entalpii w rdzeniu}} \quad 8.5$$

Margines ten określa różnica pomiędzy krzywą strumienia ciepła w funkcji entalpii dla krytycznych warunków wymiany ciepła, a krzywą strumienia ciepła jako funkcji entalpii chłodziwa wzdłuż kanału paliwowego.

Poniżej charakteryzuje się zjawiska oddziaływania na rozkład entalpii w reaktorze, a zachodzące w zbiorniku reaktora, zestawie paliwowym i pojedynczym kanale paliwowo-chłodzącym.

Zbiornik reaktora

W przestrzeni dolnej zbiornika reaktora następuje zmiana rozkładu przepływu i entalpii chłodziwa na wejściu do rdzenia spowodowanej zjawiskiem mieszania.

Zestaw paliwowy

W zestawie paliwowym, zawierającym określoną ilość elementów paliwowych, następuje wymiana chłodziwa pomiędzy sąsiadującymi elementami paliwowymi spowodowana:

- zmianą rozkładu przepływu,
- mieszaniami przepływu.

Zmiana rozkładu przepływu powoduje nierównomierny rozkład entalpii chłodziwa.

Przyczyną nierównomiernego rozkładu entalpii jest:

- nierównomierny rozkład mocy,
- niejednakowy stosunek powierzchni wymiany ciepła do powierzchni przepływu poszczególnych elementów w zestawie paliwowym,
- występowanie wrzenia lokalnego. Wówczas spadek ciśnienia w tym kanale jest o wiele większy niż w pozostałych, w których ma miejsce przepływ jednofazowy.

Źródłem zjawiska mieszania przepływu pomiędzy sąsiadującymi kanałami są pulsacje towarzyszące burliwości przepływu przez kanał chłodzący.

Element paliwowo-chłodzący

Rozkład entalpii w pojedynczym kanale paliwowo-chłodzącym zależy od:

- entalpii chłodziwa na wejściu kanału,
- rozkładu generacji ciepła w paliwie,
- przyjmowania ciepła przez chłodziwo, które między innymi determinuje rodzaj przepływu dwufazowego,
- rozkładu ciśnienia w kanale chłodzącym.

Strumień ciepła jest funkcją wielu czynników takich jak gęstość źródeł generacji ciepła, temperatury powierzchni koszulki elementu paliwowego, temperatury chłodziwa, różnej dla przepływu jednofazowego i ustroju pęcherzykowego, i błonkowego przepływu dwufazowego [8.10]. Miarą zbliżenia się do kryzysu wrzenia, w wyniku czego następuje przepalenie się koszulki elementu paliwowego, jest współczynnik kryzysu wrzenia określony następująco

$$WKW = \frac{\text{krytyczny strumień ciepła}}{\text{lokalny strumień ciepła}} \quad 8.6$$

Możliwości stosowania modelu o parametrach rozłożonych do sterowania gęstości mocy reaktora

Stosowanie algorytmu sterowania układu o parametrach rozłożonych w celu zapewnienia optymalnych warunków transportu ciepła z rdzenia jest niemożliwe do zrealizowania przede wszystkim ze względu na nie istniejące wielkości sterujące rozkładem przepływu chłodziwa wewnątrz rdzenia reaktora. Dodatkowym czynnikiem czyniącym obok innych ten problem nierealnym jest stosunkowo duży czas potrzebny dla oceny warunków wymiany ciepła w rdzeniu. Dokonuje się jedynie sterowania rozkładem osiowym strumienia neutronów za pomocą prętów sterujących o skończonej długości.

8.3.4 Zagadnienia optymalizacji dynamicznej

Istnieje szereg metod rozwiązywania problemu optymalizacji dynamicznej. Większość z nich opiera się na zasadach rachunku wariacyjnego, a ściślej mówiąc na wariacyjnej zasadzie Hamiltona [8.11, 8.12]. Trzy podstawowe problemy rachunku wariacyjnego to problemy Lagrange'a, Mayera i Bolzy [8.13, 8.14]. Problem Bolzy ma miejsce, gdy wskaźnik jakości Q ma postać

$$Q = G[x(t_k), t_k] + \int_{t_0}^{t_k} L(x, m, t) dt \quad 8.7$$
$$x \in \Omega, m \in M, t \in R'$$

gdzie dodatkowymi oznaczeniami są: m - wektor sterujący, względem którego minimalizuje się funkcjonal Q , M - zbiór sterowań dopuszczalnych, R' - zbiór liczb rzeczywistych nieujemnych, G, L - dane funkcje skalarne.

Gdy w równaniu (8.7) $L \equiv 0$ lub $G \equiv 0$, mamy do czynienia odpowiednio z problemem Lagrange'a lub Mayera.

Można rozróżnić następujące metody obliczeniowe optymalizacji dynamicznej [8.15, 8.16, 8.17, 8.18, 8.19, 8.20]:

1. podstawowe bezpośrednie,
2. podstawowe pośrednie,
3. metoda funkcjonałów Lagrange'a wykorzystujące uogólnione twierdzenie Khuna-Tuckera o punkcie siodłowym Lagrange'ana [8.15],
4. metoda optymalnego sterowania z minimalną normą (wykorzystujące zagadnienie L-momentów Kreina) [8.15, 8.16].

Zostaną podane rodzaje równań, które są podstawą formułowania dwóch pierwszych metod. W przypadku metody funkcjonałów Lagrange'a zostanie określony problem i struktura rozwiązania. Nie będzie omawiana metoda optymalnego sterowania z minimalną normą ze względu na jej ograniczone zastosowanie w układach energetycznych.

8.3.4.1 Metody podstawowe pośrednie

Są one oparte na podstawowym lemacie rachunku wariacyjnego. Rozpatrzmy problem optymalizacji, w którym dla następujących danych

$$Q = G[x(t_k), t_k] + \int_{t_0}^{t_1} L(x, m, t) dt \quad 8.8$$

$x \in \Omega, m \in M, t \in R'$; $\Omega = \{x: \dot{x} = f(x, m, t), x_0(t_0) = x_0, g_k[x(t_k), t_k] = 0\}$
 (x_0, g_k - warunki początkowe i końcowe)

należy znaleźć $m(t)$, które minimalizuje funkcjonal Q . Dla powyższego zagadnienia funkcjonal

$$Q = G[x(t_k), t_k] + \int_{t_0}^{t_1} [p^T \cdot \dot{x} - H(p, x, m, t)] dt \quad 8.9$$

nazywamy funkcjonałem Lagrange'a, gdzie: p jest pędem (p^T - wektor pędu transponowany), H - hamiltonianem.

Gradientem funkcjonału (8.9) nazywamy wektorową funkcję czasu [8.17]

$$\chi(t) = - \frac{\partial H(p, x, m, t)}{\partial m} \quad 8.10$$

która mnożona skalarnie przez wariację δm i całkowana w granicach t_0, t_k daje wariację funkcjonału

$$\delta Q_L = - \int_{t_0}^{t_k} \frac{\partial H(p, x, m, t)}{\partial m} \delta m dt \quad 8.11$$

Warunkiem koniecznym optymalności jest to, aby gradient funkcjonału obliczony wzdłuż trajektorii optymalnej (krzywej, na której funkcjonal osiąga ekstremum) był równy zeru

$$\chi(t) = - \frac{\partial H(p, x, m, t)}{\partial m} = 0 \quad 8.12$$

Trajektorie, spełniające ten warunek, nazywa się stacjonarnymi. Z pojęciem tym wiąże się następujące twierdzenie zwane podstawowym lematem rachunku wariacyjnego.

Jeśli dana jest pewna niestacjonarna trajektoria procesu to można zawsze skonstruować trajektorię od niej lepszą, to jest zapewniającą zmniejszenie wskaźnika jakości procesu.

Do metod podstawowych bezpośrednich należą:

- metoda gradientu w przestrzeni funkcyjnej,
- metoda gradientu sprzężonego w przestrzeni funkcyjnej,
- metoda drugiej wariacji.

Metoda gradientu polega na iteracyjnym konstruowaniu coraz lepszych trajektorii, poczynając od pewnego arbitralnie założonego początkowego przebiegu sterowania. Iteracje powtarza się dopóki wybrana norma gradientu nie stanie się dostatecznie mała. Podstawową wadą metody jest nader powolna zbieżność zwłaszcza w pobliżu trajektorii optymalnej.

Metoda gradientu sprzężonego jest bezpośrednim ulepszeniem metody gradientu zwykłego, opartym na pojęciu kierunków sprzężonych przy poszukiwaniu minimum funkcji kwadratowej wielu zmiennych. Jeżeli problem optymalizacji jest liniowy - kwadratowy, metoda gradientu sprzężonego zapewnia szybką zbieżność.

Metoda drugiej wariacji jest dalszym udoskonaleniem metody gradientu. Jest szybko zbieżna. Wadą jest złożony program oraz duża pojemność pamięci i nakład obliczeń, niezbędnych dla dokonania jednej iteracji.

8.3.4.2 Metody podstawowe pośrednie

Polegają one na wyznaczaniu rozwiązania optymalnego na podstawie warunków koniecznych optymalności.

W myśl zasady najmniejszego działania, zwanej również wariacyjną zasadą Hamiltona, rzeczywisty ruch układu materialnego pod wpływem sił zewnętrznych, pochodzących od potencjału, odbywa się pomiędzy dwoma chwilami t_1 , t_2 tak, że średnia wielkość przewyżki energii kinetycznej E nad energią potencjalną U ma wartość ekstremalną. A więc całka

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt \quad 8.13$$

zwana **działaniem** tego układu, przyjmuje najmniejszą możliwą wartość, gdzie:

$$L(q, \dot{q}, t) = E(\dot{q}) - U(q, t) \quad 8.14$$

nazywa się funkcją Lagrange'a lub Lagrangianem.

Warunkiem koniecznym na ekstremum jest zanikanie wariacji funkcjonału. Warunkiem tym jest spełnienie równości

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = 0 \quad 8.15$$

Rozwiązanie powyższego równania drugiego rzędu, znanego jako równanie różniczkowe Eulera-Lagrange'a, daje funkcję minimalizującą całkę problemu przy założeniu, że minimum istnieje.

Równania różniczkowe ruchu układów, w postaci nadanej im przez Lagrange'a, zostały jeszcze bardziej uproszczone przez Hamiltona przez wprowadzenie, obok współrzędnych, innych jeszcze zmiennych zwanych pędami, a mianowicie

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} \quad 8.16$$

gdzie $H = E + U$ nazywa się Hamiltonem.

Jacobi dokonał dalszych uproszczeń równań kanonicznych Hamiltona. Wykazał, że cząstkowa pochodna funkcji działania, określona przez (8.13), względem czasu związana jest z funkcją Hamiltona zależnością [8.12]

$$\frac{\partial S}{\partial t} + H(p, q, t) = 0 \quad 8.17$$

a jej pochodne cząstkowe względem współrzędnych są równe pędom. Podstawiając zgodnie z tym w funkcji Hamiltona na miejsce pędów p pochodne $\partial S/\partial q$ otrzymujemy równanie

$$\frac{\partial S}{\partial t} + H(q_1, \dots, q_s, \frac{\partial S}{\partial q_1}, \dots, \frac{\partial S}{\partial q_s}, t) = 0 \quad 8.18$$

które powinna spełniać funkcja $S(q, t)$. Równanie to nazywa się równaniem Hamiltona-Jacobiego. Jest ono obok równań kanonicznych Hamiltona podstawą metod podstawowych pośrednich.

W skład metod podstawowych pośrednich zaliczyć można:

- zasadę maksimum Pontriagina, wykorzystującą równania kanoniczne Hamiltona [8.13, 8.21-8.23],
- zasadę optymalności Bellmana, którą można sprowadzić do równania Hamiltona-Jacobiego [8.13, 8.17, 8.18] lub
- metodę rozwiązywania równań różniczkowych ekstremal w postaci równań kanonicznych Hamiltona, wykorzystującą na przykład metodę Newtona w przestrzeni funkcyjnej.

8.3.4.3 Metoda funkcjonalów Lagrange'a

Niech $F(x)$ będzie funkcjonalem wklęsłym określonym na przestrzeni Banacha X . Niech $F(x)$ reprezentuje wskaźnik jakości optymalizowanego procesu przy ograniczeniu

$$G(x) \geq 0, \quad x \in X, \quad 8.19$$

gdzie $G(x)$ jest wklęsłym operatorem działającym z przestrzeni X w inną przestrzeń Y . Znaleźć takie $x = \hat{x}$, które maksymalizuje $F(x)$ przy ograniczeniu (8.19) i

$$x \geq 0. \quad 8.20$$

Dla uzyskania rozwiązania przedstawionego problemu wykorzystuje się funkcjonal Lagrange'a o postaci

$$L(x, \lambda) = F(x) + \lambda [G(x)], \quad x \in X \quad 8.21$$

Przedstawiona metoda [8.15] pozwala wykorzystywać twierdzenie o punkcie siodłowym Kuhna-Tuckera programowania nieliniowego [8.24] w połączeniu z metodami wariacyjnymi. Uwzględnianie w problemie optymalizacji ograniczeń w postaci nierówności operatorowych nie czyni żadnych problemów. W przypadku stosowania metod klasycznych optymalizacji jest bardzo trudno uwzględnić wyżej wymieniony typ ograniczeń.

Warunkami koniecznymi i dostatecznymi na to, aby funkcjonal $L(x, \lambda)$, określony zależnością (8.21), przybierał maksimum jest istnienie $\hat{x} \in X$ i nieujemnego liniowego funkcjonalów $\hat{\lambda}$, takich, że dla każdego $h = x \in X$ są spełniane zależności

$$d_x L(\hat{x}, \hat{\lambda}, x) = \langle \text{grad}_x L(\hat{x}, \hat{\lambda}), x \rangle = 0 \quad 8.22$$

$$G(\hat{x}) \geq 0 \quad 8.23$$

$$\hat{\lambda}[G(\hat{x})] = 0 \quad 8.24$$

$$\hat{\lambda} \geq 0 \quad 8.25$$

Warunek określony przez równ. (8.22) może być zapisany w postaci równoważnej

$$\text{grad}_x L(\hat{x}, \hat{\lambda}) = 0 \quad 8.26$$

Warunki (8.24) i (8.25) mogą być także wyrażone w formie gradientu, mianowicie

1. jeżeli $\text{grad}_\lambda L(\hat{x}, \hat{\lambda}) = G(\hat{x}) > 0$ dla prawie każdego $\tau \in P \subset [0, T]$,

wówczas $\hat{I}(\tau) = 0$ dla prawie każdego $\tau \in P$,

2. jeżeli $\hat{I}(\tau) > 0$ dla prawie każdego $\tau \in R[0, T]$, wówczas $\text{grad}_\lambda L(\hat{x}, \hat{\lambda}) = 0$

dla prawie każdego $\tau \in R$.

Rozwiązanie problemu optymalizacji, stosując metodę funkcjonałów Lagrange'a, obejmuje następujące trzy etapy:

1. zakłada się strukturę rozwiązania, która ma być realizowana w poszczególnych podprzedziałach przedziału $[0, T]$,

2. określa się warunki konieczne optymalności dla każdego podprzedziału przedziału $[0, T]$.
Z warunku

$$\text{grad}_x L(x, \lambda) = 0 \quad 8.27$$

wyznaczy się optymalne rozwiązanie $\hat{x}(t)$, a z warunku

$$\text{grad}_\lambda L(x, \lambda) = 0 \quad 8.28$$

funkcjonał Lagrange'a $\hat{\lambda}(t)$.

3. Wówczas podaje się dodatkowe warunki, które winny być spełniane przez $\hat{x}(t)$ i $\hat{\lambda}(t)$ w rozważanych podprzedziałach.

8.3.5 Zagadnienia programowania liniowego

8.3.5.1 Uwagi wstępne

Problem programowania liniowego w liczbach rzeczywistych można określić jako problem minimalizacji lub maksymalizacji liniowej funkcji celu dla zmiennych ciągłych, na zbiorze określonym przez liniowe ograniczenia [8.24].

Jeżeli niektóre z wybranych zmiennych mają być zmiennymi całkowitoliczbowymi, mamy do czynienia z programowaniem liniowym mieszanym całkowitoliczbowym (w przypadku szczególnym programowaniem mieszanym zero-jedynkowym).

Jeżeli wszystkie zmienne są całkowitoliczbowe (ewentualnie zero-jedynkowe) to mówimy o programowaniu całkowitoliczbowym (zero-jedynkowym).

Istnieje wiele wariantowych zagadnień trzech wyżej wymienionych rodzaju programowania liniowego. W niniejszym punkcie scharakteryzujemy jedynie te zagadnienia, które mogą znaleźć zastosowanie w zagadnieniach optymalizacji systemów energii. Są to:

- zagadnienie minimalnych kosztów przepływu w sieci z pojemnościami - problemy lokalizacji nowych mocy produkcyjnych,
- zagadnienie transportowe z kosztem stałym - strategia badań i rozwoju,
- zagadnienie lokalizacji,
- zagadnienie podejmowania przedsięwzięć - strategia inwestycji,

- zagadnienie pokrycia - minimum oddziaływania siłowni jądrowych, maksimum pokrycia odbiorców siecią przesyłu ciepła.

Zagadnienie minimalnych kosztów przepływu w sieci z pojemnościami

Dane:

1. sieć przepływu z punktami podaży, $i=1, \dots, I$, punktami pośrednimi, $k=1, \dots, K$, punktami popytu, $j=1, \dots, J$ i łuki arc (i, j) ,
2. jednostkowe koszty przepływu poprzez łuk, c_{ij} ,
3. zapasy a_i dla każdego $i \in I$,
4. popyt b_j dla każdego $j \in J$,
5. pojemność d_{ij} łuku arc (i, j) ,
6. x_{ij} oznacza wielkość przepływu z punktu i do punktu j .

Znaleźć

$$\min_{x_i} \sum_i \sum_j c_{ij} * x_{ij} \quad 8.29$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in J, K} x_{ij} - \sum_{k \in J, K} x_{ki} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, I \quad 8.30$$

$$\sum_{i \in I, J} x_{ik} - \sum_{i \in I, J} x_{ki} = 0, \quad k = 1, \dots, K \quad 8.31$$

$$\sum_{i \in I, K} x_{ij} - \sum_{i \in I, K} x_{ji} \geq b_j, \quad j = 1, \dots, J \quad 8.32$$

$$0 \leq x_{ij} \leq d_{ij} \quad 8.33$$

Zagadnienie transportowe z kosztem stałym

Dane:

1. sieć przepływu z punktami podaży, $i=1, \dots, I$, i punktami popytu, $j=1, \dots, J$
2. jednostkowe koszty c_{ij} ,
3. koszty stałe d_{ij} ,
4. zapasy a_i dla każdego $i \in I$, i popyt b_j dla każdego $j \in J$,
5. x_{ij} oznacza wielkość przewozu z punktu i do punktu j ,
6. y_{ij} zmienna zero-jedynkowa przyjmująca wartość 1 gdy rozważa się sieć transportu z koniecznością ponoszenia kosztów stałych d_{ij} ,
7. liczby stałe M_{ij} takie, aby dla rozwiązania optymalnego zachodziło $x_{ij} \leq M_{ij}$

Znaleźć

$$\min_{x_{ij}, y_{ij}} \sum_i \sum_j (c_{ij} * x_{ij} + d_{ij} * y_{ij}) \quad 8.34$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = a_i, \quad i = 1, \dots, I \quad 8.35$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, J, \quad 8.36$$

$$x_{ij} \leq M_{ij} * y_{ij},$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad y_{ij} = 0 \text{ lub } 1 \text{ dla wszystkich } (i, j)$$

Zagadnienie lokalizacji

Jeżeli założymy, że punkty podaży (lub punkty popytu) są obciążane zmiennymi kosztami liniowo zależnymi c_i i kosztami stałymi d_i , a łuki arc (i, j) są obciążone zmiennymi kosztami liniowo zależnymi c_{ij} , wówczas mamy do czynienia z następującym zagadnieniem znaleźć

$$\min_{x_i, y_i} \left\{ \sum_i \sum_j (c_i + c_{ij}) * x_{ij} + \sum_i d_i * y_i \right\} \quad 8.37$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq a_i * y_i, \quad i = 1, \dots, I \quad 8.38$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, J, \quad 8.39$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad y_i = 0 \text{ lub } 1$$

Zagadnienie podejmowania przedsięwzięć

Dane dodatkowo:

b_j - i-te osiągalne zasoby, $i=1, \dots, I$,

Znaleźć

$$\max_{x_j} \sum_j c_j * x_j \quad 8.40$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in J} a_{ij} * x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, I \quad 8.41$$

$$x_j = 0 \text{ lub } 1, \quad j = 1, \dots, J$$

Przyjmijmy, że $x_j = 1$ oznacza decyzję o realizacji j-tego wariantu, zaś $x_j = 0$ decyzję przeciwną. Jeżeli trzy warianty 1, 2 i 3 wyłączają się, to zagadnienie uzupełniamy dodatkowym ograniczeniem w postaci $x_1 + x_2 + x_3 \leq 1$. Jeżeli realizacja wariantu 1 wymaga realizacji wariantu 2 to piszemy $x_2 \geq 1$.

Zagadnienie pokrycia

Wszystkie warianty tego zagadnienia są rozważane jako zagadnienia programowania liniowego dyskretnego. Podstawowy wariant formułuje się następująco.

Dane:

1. zbiór punktów I i podzbiór $J \supset I$,

2. współczynniki c_j i a_{ij} .

Znaleźć

$$\max_{x_j} \sum_j c_j * x_j \quad 8.42$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in J} a_{ij} * x_j \geq 1, \quad i = 1, \dots, I \quad 8.43$$

$$x_j = 0 \text{ lub } 1, \quad j = 1, \dots, J$$

$a_{ij} = 1$ jeżeli $i \in J$, w przeciwnym przypadku $a_{ij} = 0$.

Wprowadzając do przedstawionego wariantu zagadnienia pokrycia można rozważać następujące zagadnienia:

1. zagadnienie minimalnego oddziaływania,
2. zagadnienie lokalizacji o możliwie maksymalnym zasięgu,
3. zagadnienie lokalizacji o możliwie minimalnym zasięgu [8.8].

8.4 Wybrane przykłady zastosowania metod optymalizacji w zagadnieniach eksploatacji, planowania krótkoterminowego i średnioterminowego

8.4.1 Sekwencyjny rozruch i optymalne wyłączanie reaktora

Rozruch reaktora jest sterowaniem minimalno-czasowym. Wielkością sterującą jest reaktywność rozumiana jako wielkość skupiona dotycząca całego obszaru rdzenia reaktora.

Wyłączanie reaktora jest również sterowaniem minimalno-czasowym, w którym żąda się minimum globalnego stężenia ksenonu w rdzeniu, a nie rozkładu tego stężenia.

Podczas działania reaktora jądrowego gromadzą się w nim fragmenty rozszczepienia i wiele produktów rozpadu. Niektóre z tych substancji, szczególnie ksenon 135 oraz samar 149, mają duży przekrój czynny na pochłanianie neutronów termicznych. Jądra te działają zatem jak trucizny reaktorowe i wpływają na współczynnik mnożenia. Stężenie trucizn jest związane ze strumieniem neutronów termicznych. Wobec tego, gdy zmienia się reaktywność, tak że towarzyszy jej zmiana strumienia, to zmianie ulega zatrucie produktami rozszczepienia, które z kolei wpływa na reaktywność. Ksenon powstaje w wyniku rozpadu jodu 135. Ma on krótszy okres połowicznego zaniku niż ksenon 135, co sprawia, że po całkowitym wyłączeniu reaktora następuje wzrost stężenia ksenonu do pewnego maksimum. Jednym ze sposobów zapobieżenia nadmiernemu wzrostowi stężenia ksenonu jest zmniejszenie strumienia przy wyłączaniu do takiej wartości, że chociaż wytwarzana moc stanowi drobny ułamek wartości roboczej, to strumień jest jeszcze duży.

Z informacji zawartych w literaturze fachowej wynika, że do następujących zagadnień:

- rozruchu i wyłączania reaktora [8.25 - 8.27],
- optymalnego sterowania mocy reaktor [8.28 - 8.31],

były stosowane algorytmy programowania dynamicznego Bellmana, a także zasada maksimum Pontriagina.

8.4.2 Optymalne wypalanie paliwa w rdzeniu reaktora

Problem ten dotyczy takiego przemieszczania paliwa na początku okresów międzyprzeładunkowych wewnątrz rdzenia reaktora i uzupełniania wypalonego paliwa paliwem świeżym, tak aby podczas cyklu paliwowego maksymalizować wypalanie paliwa, uwzględniając równocześnie następujące ograniczenia [8.35]:

- warunku bilansu mocy,
- warunku ciągłości, w myśl którego ilość paliwa o poziomie wypalania m , załadowana do danego obszaru rdzenia na początku okresu międzyprzeładunkowego ($j+1$) jest mniejsza od ilości paliwa o tym samym poziomie napromieniowania w j -tym okresie,
- warunku krytyczności reaktora,
- warunku żądanego rozkładu mocy.

Zagadnienie optymalnego wypalania paliwa w rdzeniu reaktora było między innymi przedmiotem prac [8.32 - 8.35], w których stosowano algorytmy programowania dynamicznego Bellmana, zasady maksimum Pontriagina, metody funkcjonalów Lagrange'a i programowania liniowego.

8.5 Wybrane przykłady zastosowania metod optymalizacji w zagadnieniach planowania długoterminowego - lokalizacji

8.5.1 Lokalizacja elektrowni o minimalnych kosztach

Zadaniem modelu lokalizacji nowych elektrowni, względnie jednostek produkcyjnych, jest symulacja wieloregionalnego harmonogramu uruchamiania nowo budowanych elektrowni w określonych dyskretnych przedziałach czasu [8.8]. Elektrownie te, względnie jednostki produkcyjne, mają zaspokajać prognozowany popyt na energię lub określony produkt, spełniając szereg ograniczeń. Ograniczenia mogą reprezentować:

- bilanse materiałów, surowców, produktów lub emisji zanieczyszczeń,
- osiągalność mocy produkcyjnej technologii,
- osiągalność liczby jednostek produkcyjnych na rynku,
- wybór wariantu (kolejności) wprowadzania technologii,
- konieczność wycofywania zamortyzowanych jednostek,
- osiągalność zasobów.

Zmienne w modelu mogą być zmiennymi niezależnymi lub zależnymi. Zmienne niezależne stanowią zmienne decyzyjne o budowie i lokalizacji jednostki produkcyjnej o określonej technologii w określonym przedziale czasu. Zmienne zależne reprezentują konsekwencje budowy lub lokalizacji w danym regionie i przedziale czasu takie jak dla przykładu bilanse materiałów lub emisji zanieczyszczeń. Zmienne decyzyjne mogą być całkowite lub dyskretne. W rozważanym przypadku lokalizacji będą występować zarówno zmienne całkowite jak i dyskretne.

Funkcja celu jest miarą wyboru optymalnego, względnie najkorzystniejszego dla danego zbioru ograniczeń. Miarą wyboru może być:

- minimum kosztów,
- minimalne oddziaływanie,
- możliwie maksymalny zasięg lokalizacji,
- możliwie minimalny zasięg lokalizacji.

Rozważmy uproszczony problem lokalizacji jednego typu elektrowni węglowej. Formułujemy go w następujący sposób.

Niech zmiennymi decyzyjnymi będą:

$Y(i, h, k)$ - moc przesyłana z i -go regionu do h -go odbiorcy;

$X(i, k)$ - wielkość nowej mocy lokalizowanej w i -tym regionie;

$V(i, j, k)$ - intensywność dostawy węgla z kopalni zlokalizowanej w i -tym regionie do elektrowni w j -tym regionie

$Z(i, k)$ - zmienna decyzyjna zero-jedynkowa, $Z(i, k) = 1$ jeżeli nowa moc jest lokalizowana w i -tym regionie, $Z(i, k) = 0$ w przeciwnym przypadku.

Mając to na uwadze, że w zagadnieniu lokalizacji występują zmienne ciągłe i dyskretne zagadnienie to rozpatruje się jako zagadnienie lokalizacji programowania liniowego mieszanego w liczbach całkowitych (zero-jedynkowego).

Przyjmuje się następujące oznaczenie indeksów:

$i \in I$ - zbiór regionów rozważanego obszaru,

$h \in H \subset I$ - podzbiór odbiorców energii,

$r \in R \subset I$ - podzbiór regionów, w których istnieją zasoby wody,

$c \in C \subset M$ - podzbiór obejmujący zagłębienie węglowe,

$k \in K$ - zbiór punktów czasowych przedziału $[0, T]$.

Dane:

Zbiór i -tych regionów, $i \in I$, spośród których wyróżnia się h -tych odbiorców mocy. h -te regiony wspólnie tworzą siatkę i -tych nodów. Dany jest podzbiór nodów $R \subset I$, przez które przepływa rzeka. Dany jest również podzbiór $C \subset M$, obejmujący zagłębienie węglowe.

Ponadto dany jest zbiór odpowiednich współczynników, wynikających z odpowiednich kosztów, strat przesyłu energii, współczynników wykorzystania mocy, stopy dyskontowej, odległości j-go regionu od l-go odbiorcy mocy.

Należy określić harmonogram lokalizacji nowo instalowanych mocy produkcyjnych, tak, aby suma kosztów budowy linii transmisyjnych, strat energii w wyniku przesyłu, kosztów transportu węgla, określonych następującą funkcją celu,

$$\begin{aligned}
 F = & \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{h \in I} c_{ihk} * Y(i, h, k) + \text{- koszty wytwarzania mocy w i-tym regionie} \\
 & \hspace{15em} \text{i koszty przesyłania do h-go odbiorcy} \\
 + & \sum_{k \in K} \sum_{c \in Rcl} \sum_{i \in I} c_{cik} * X(i, k) * Z(i, k) + \text{- koszty transportu węgla c-tej kopalni do} \\
 & \hspace{15em} \text{i- go regionu} \\
 + & \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} d_{ik} * Z(i, k) \text{- koszty zagospodarowania lokalizacji} \quad 8.44
 \end{aligned}$$

przybierała minimum przy ograniczeniach:

1. wymagana moc w rozważanym całym obszarze

$$\sum_{i \in I} X(i, k) = S(k) \quad 8.45$$

2. wymagane zapotrzebowanie mocy w i-tym regionie

$$\sum_{h \in I} Y(h, i, k) - \sum_{i \in I} Y(h, i, k) + X(i, k) \geq D Y_i(k) \quad 8.46$$

3. ograniczenie instalowanej mocy w i-tym regionie

$$X(i, k) \leq S_{\max i}(k) \quad 8.47$$

4. popyt na węgiel z c-tej kopalni w i-tym regionie

$$\sum_{c \in C} V(c, i) - v_{ik} X(i, k) = 0 \quad 8.48$$

5. podaż węgla z kopalni w i-tym regionie do elektrowni zlokalizowanej w j-tym regionie

$$\sum_{j \in I} h_{jk} V(i, j, k) \leq M_j(k) \quad 8.49$$

6. ograniczenie zdolności wydobywczej c-go zagleźbia węglowego

$$\sum_{i \in I} c_{ci} \leq C_c \quad 8.50$$

7. ograniczenie emisji n-go zanieczyszczenia powietrza na całym obszarze

$$\sum_{i \in I} S_i^n \leq Q^n \quad n=1, \dots, N \quad 8.51$$

8. ograniczenie poboru wody

$$\sum_{i \in R} w_i S_i \leq W$$

8.52

8.5.2 Lokalizacja o możliwie maksymalnym lub minimalnym zasięgu

Lokalizacja o możliwie maksymalnym zasięgu dotyczy określenia lokalizacji minimalnej liczby obiektów usługowych (na przykład ciepłowni), które pokrywają maksymalną liczbę odbiorców. Zagadnienie to Church i ReVelle [8.8] sformułowali w następujący sposób:
znaleźć

$$\max Z = \sum_{i \in I} a_i y_i \quad 8.53$$

przy ograniczeniach

$$1. \quad \sum_{j \in N} x_j \geq y_i \quad \text{dla wszystkich } i \in I \quad 8.54$$

$$2. \quad \sum_{j \in J} x_j = p \quad 8.55$$

$$x_j = 0, 1 \quad \text{dla wszystkich } j \in J, \\ y_i = 0, 1 \quad \text{dla wszystkich } i \in I$$

gdzie:

I - zbiór punktów odbioru,

J - zbiór potencjalnych terenów, na których można ulokować obiekty usługowe,

S - odległość, poniżej której odbiorca nie jest pokryty siecią usług,

$x_j = 1$ jeżeli obiekt jest zlokalizowany w j-tym terenie,

$x_j = 0$ w przeciwnym przypadku,

$N_i = \{ j \in J \mid d_{ij} \leq S \}$ - zbiór terenów, na których zlokalizowano obiekty usługowe zdolne pokryć usługami i-tego odbiorcę,

d_{ij} - najkrótszy dystans od i-tego punktu do j-go punktu,

a_i - liczba ludności, która ma być obsłużona przez i-ty punkt odbioru usług,

p - liczba obiektów, mająca być zlokalizowana,

$y_i = 1$ jeżeli obiekt jest zlokalizowany w zasięgu S i-go punktu odbioru, to znaczy jest pokryty usługą,

$y_i = 0$ w przeciwnym przypadku.

W podobny sposób określa się zagadnienie o minimalnym zasięgu, a mianowicie:
znaleźć

$$\min Z = \sum_{i \in I} a_i \bar{y}_i \quad 8.56$$

przy ograniczeniach

$$1. \quad \sum_{j \in N} x_j + \bar{y}_i \geq 1 \quad \text{dla wszystkich } i \in I \quad 8.57$$

$$2. \quad \sum_{j \in J} x_j = p \quad 8.58$$

$$x_j = 0, 1 \quad \text{dla wszystkich } j \in J$$

$$\bar{y}_i = 0, 1 \quad \text{dla wszystkich } i \in I$$

gdzie dodatkowo:

$\bar{y}_i = 1 - y_i = 1$ jeżeli i -ty punkt odbioru nie jest pokryty usługą,

$\bar{y}_i = 0$ w przeciwnym przypadku.

8.5.3 Lokalizacja o minimalnym oddziaływaniu

Lokalizując siłownię jądrową można wymagać, ażeby:

- ustanowić powierzchnię zakazaną,
 - minimalizować liczbę ludności zamieszkujących w danej odległości od siłowni.
- Dokonuje się tego, ażeby zmniejszyć ryzyko oddziaływania na ludność ewentualnej awarii. Problem formułuje się następująco.
Znaleźć

$$\min Z = \sum_{i \in I} a_i \bar{y}_i \quad 8.59$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^n x_j = n - p \quad 8.60$$
$$x_j - \bar{y}_i \geq 1 \quad \text{dla wszystkich } j \in N_i \text{ i wszystkich } i \in I$$
$$x_j, \bar{y}_i = 0, 1 \quad \text{dla wszystkich } j, i \in I$$

gdzie dodatkowo:

$\bar{y}_i = 1 - y_i = 1$ jeżeli i -ty punkt odbioru nie jest pokryty usługą,

$\bar{y}_i = 0$ w przeciwnym przypadku.

n – liczba pomieszczeń

8.6 Wybrane przykłady zastosowania metod optymalizacji w zagadnieniach planowania rozwojowego - strategii rozwoju

8.6.1 Zagadnienie strategii rozwoju systemu jądrowego

Przez system jądrowy rozumie się system zdolny do jednoczesnego wytwarzania energii i paliwa jądrowego, jak Pu-239 i U-233. Zagadnienie rozwoju systemów jądrowych nabiera szczególnego znaczenia jeśli rozpatrywać go z punktu widzenia najbardziej efektywnego wykorzystywania paliw jądrowych.

Strategia rozwoju systemów jądrowych winna umożliwiać spełnianie następujących warunków:

- wypalanie paliw jądrowych, a więc nie tylko uranu 235,
- sięganie po trudniej dostępne złoża uranu,
- stosunkowo wolne wyczerpywanie zasobów paliw jądrowych, a więc umożliwiać produkcję takich paliw jak U-233 i Pu-239 z materiałów rodnych Th-232 i U-238,
- zdolność samopodtrzymywania, a więc produkowanie przynajmniej tyle paliwa ile sam system zużywa,
- nie powodować zagrożenia środowiska.

Prawie całkowite wypalanie paliw jądrowych można uzyskać wykorzystując reaktory powielające. Obecność ich w systemie jądrowym umożliwia spełnianie warunku pierwszego. Dla swartości niniejszego rozważania zostaną podane niektóre dane i zjawiska związane z ideą powielania materiałów rozszczepialnych.

Spośród najcięższych pierwiastków wyróżnia się materiały rozszczepialne i rodne. Do pierwszych zalicza się U-233, U-235 i Pu-239. Są one rozszczepialne w zakresie wszystkich energii neutronów, a więc są rozszczepialne zarówno przez neutrony termiczne o energii rzędu 0,026 eV jak i prędkie o energii powyżej 0,1 MeV. Drugą grupę stanowi Th-232 i U-238. Są one rozszczepialne przez neutrony prędkie.

W wyniku rozszczepiania powstaje w reaktorze nadmiar neutronów potrzebnych do podtrzymywania reakcji łańcuchowej. Nadmiar ten jest wykorzystywany w procesie przemiany izotopów rodnych w izotopy rozszczepialne.

Stosunek

$$C = \frac{\text{liczba wytwarzanych atomów rozszczepialnych}}{\text{liczba wypalanych atomów rozszczepialnych}} \quad 8.61$$

nazywa się współczynnikiem przemiany ($C < 1$) lub powielania ($C \geq 1$). Określa go zależność

$$C = \eta - 1 - L \quad 8.62$$

gdzie: η - liczba neutronów powstałych w procesie rozszczepiania w wyniku pochłonięcia jednego neutronu termicznego przez paliwo, L - liczba neutronów traconych wskutek ucieczki i różnego rodzaju pochłaniania pasożytniczego, 1 - oznacza jeden neutron konieczny do podtrzymywania reakcji łańcuchowej. Oprócz η i L , czynnikiem wpływającym na wartość współczynnika przemiany jest stosunek liczby atomów spowalnicza neutronów do liczby atomów paliwa, który między innymi określa udział rozszczepień wywołanych neutronami termicznymi i prędkimi w ogólnej liczbie rozszczepień. Parametr η przyjmuje różne wartości w zależności od rodzaju pierwiastka i energii neutronów powodujących jego rozszczepienie. L zależy od wymiarów reaktora, składu materiałowego rdzenia i strategii wymiany paliwa w czasie kampanii paliwowej. Dla uzyskania powielania parametr η powinien być większy od 2, ponieważ jeden neutron jest konieczny do podtrzymywania reakcji łańcuchowej i ponadto przynajmniej jeden neutron jest wykorzystywany w procesie przemiany izotopów rodnych w izotopy rozszczepialne.

Powielanie materiałów rozszczepialnych może przyczynić się do spełnienia warunku pierwszego. Warunek drugi strategii rozwoju wiąże się z kosztami cyklu paliwowego.

Wstępne studia we wczesnych latach pięćdziesiątych wykazały, że powielanie w reaktorach lekkowodnych na uranie U-233 nie jest możliwe. Dalsze badania wskazały na możliwość powielania w reaktorach termicznych. Na podstawie ostatnich wyników uzyskanych dla reaktorów lekkowodnych parametr η dla uranu U-233 wynosi 2,3 w zakresie termicznych i pośrednich energii neutronów. Również w reaktorach typu wysokotemperaturowego HTGR, U-233 okazał się bardzo dobrym paliwem. Obrazują to następujące wielkości dla różnych izotopów:

$$U-233 - \eta = 2,29; \quad U-235 - \eta = 2,05; \quad Pu-239 - \eta = 1,8$$

Podobne dane dla reaktorów prędkich powielających przedstawiono poniżej:

$$U-233 - \eta = 2,31; \quad U-235 - \eta = 1,93; \quad Pu-239 - \eta = 2,49$$

W tego typu reaktorach największą wartość η uzyskuje się dla plutonu, co powoduje, że właśnie pluton stał się paliwem reaktorów powielających.

Przedstawione wartości η dla U-233 wskazują, że powielanie jest możliwe w reaktorach termicznych pod warunkiem zachowania odpowiedniego bilansu neutronów, a

więc zmniejszenia do minimum ucieczki neutronów i wychwytu pasożytniczego. Oznacza to, że wszystkie neutrony, nie wykorzystywane do podtrzymywania reakcji łańcuchowej, powinny być możliwie najlepiej zużyte w procesie przemiany. W tym celu należy:

- zmniejszyć wypalanie paliwa,
- stosować niższe gęstości mocy,
- dokonywać ciągłego przeładunku paliwa [8.28 - 8.34].

Redukcja wypalania ma na celu zmniejszenie udziału generowanych neutronów w reakcjach neutronowych, które nie prowadzą do rozszczepienia. Niższa gęstość mocy, to większy rdzeń, co w konsekwencji zmniejsza ucieczkę neutronów. W wyniku ciągłego przeładunku zmniejsza się nadmiar reaktywności pomiędzy rocznymi przeładunkami paliwa i zmniejsza się straty neutronów w trucznach regulujących krytyczność w okresie międzyprzeładunkowym.

Struktura systemu jądrowego powielającego, wykorzystująca technologie reaktorów termicznych lekkowodnych, termicznych wysokotemperaturowych, samopodtrzymujących się lekkowodnych i powielających prędkich obejmuje generację reaktorów rozruchowych systemu, generację pośrednią i generację docelową reaktorów.

- Generację rozruchową stanowią reaktory lekkowodne i wysokotemperaturowe, uruchamiane przy wykorzystaniu U-235. Produkowany przez reaktory lekkowodne pluton jest magazynowany do wymaganej ilości.
- Zadanie generacji pośredniej, gromadzenia paliwa wystarczającego do uruchomienia następnej generacji, powierza się reaktorom powielającym, produkującym Pu-239 i U-233, w których do uruchomienia używa się poprzednio zmagazynowany Pu-239.
- Generację docelową tworzą reaktory termiczne samopodtrzymujące się, LWBR - Light Water Breeder Reactor, uruchamiane przy wykorzystaniu U-233 i reaktory wysokotemperaturowe z recyklicacją U-233 i uzupełnianiem U-233.

Przedstawiony system jądrowy, którego optymalizację strategii, wykorzystującą algorytm metody funkcjonalów Lagrange'a [8.36], przedstawia się poniżej. Może on być rozwijany przez wysoko uprzemysłowaną gospodarkę narodową o dużych możliwościach finansowych.

Obecnie wymagane typy reaktorów dla eksploatacji wyżej wymienionego systemu jądrowego, reaktorów nowej generacji o aktywnym systemie samozabezpieczającym reaktor, są osiągalne lub są na etapie opracowania jedynie w Stanach Zjednoczonych przez firmy General Electric, Westinghouse, General Atomic, General Electric/Argone.

Schemat struktury rozważanego systemu jądrowego przedstawiono na rys. 8.1. Przyjęto następujące oznaczenia:

Zasoby: W2, W3 - sektory zasobów materiałów rodnych odpowiednio U-238 i Th-232,

Pierwsza generacja reaktorów: Y1 - reaktor termiczny lekkowodny na paliwie U-235, LWR: X1 - reaktor wysokotemperaturowy na U-235, HTGR, produkowany stosunkowo w niewielkich ilościach Pu-239 gromadzi się, który będzie wykorzystywany przez reaktory pośredniej generacji Y2.

Droga generacja reaktorów - generacja pośrednia: Y2 - reaktor prędko o aktywnym systemie samozabezpieczającym reaktor, ALMR - firma GE/Argon - certyfikacja projektu w 2005 roku (rozdz. 4).

Trzecia generacja reaktorów - generacja docelowa: Y3 - reaktor termiczny lekkowodny samopodtrzymujący się, LWBR; X2 - reaktor wysokotemperaturowy o strukturze modułowej MHTGR na paliwie U-233 z recyklicacją i uzupełnianiem U-233, firma General Atomic, zakończenie projektu w 2001.

Dla zobrazowania rozważanej strategii inwestycji zastosujemy model wzrostu Harroda Domara. Określają go następujące zależności:

1. warunek intensywności produkcji

$$Y = C + I \quad 8.63$$

gdzie: Y- intensywność produkcji; C, I - intensywności odpowiednio konsumpcji i inwestycji,

2. warunek zasobów finansowych

$$I = v \frac{dY}{dt} \quad 8.64$$

przy założeniu, że $v = F/G$, gdzie: v - współczynnik przyspieszenia; F - pożądany zasób kapitału; G - produkcja,

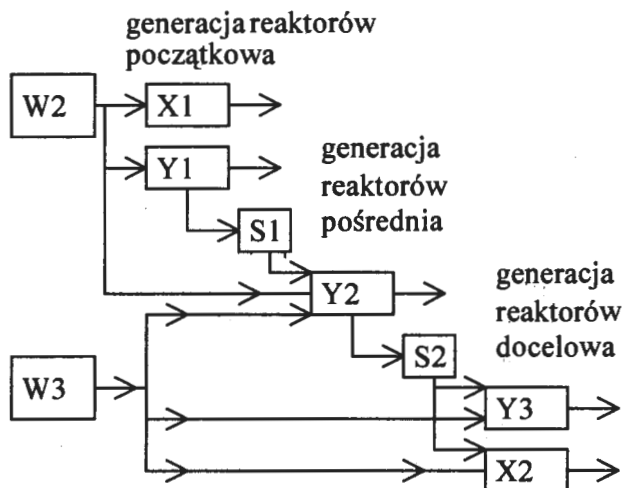
3. warunek pełnego zatrudnienia

$$L = u * Y \quad 8.65$$

gdzie: u - stały współczynnik określający popyt na pracę.

Zakładając, że

1. produkcja równa się popytowi,
2. konsumpcję opisuje następująca funkcja produkcji $C = c * Y$,
gdzie c-współczynnik uzyskujemy dla wielosektorowego kooperacyjnego modelu ekonomicznego, w którym istnieje wymiana produkcji pomiędzy sektorami, następujące zależności [8.36]:



Rys.8.1 Schemat rozwoju rozważanego systemu jądrowego.

• warunek intensywności produkcji

$$a_{ij} Y_i(t) = \sum_{k \neq i} b_{ik} Y_k(t) + \sum_j c_{ij} I_j(t) + d_i(t) \quad 8.66$$

warunek zasobów finansowych

$$Y_i(t) = Y_i(0) - \frac{1}{v_i} \sum_j \int_0^t I_{ij}(\tau) d\tau \quad 8.67$$

Zakłada się, że model ekonomiczny systemu jądrowego opisują zależności:

1. bilansów intensywności produkcji

$$A_1 * X_1 = \alpha_1 * I_1 \quad 8.68$$

$$A_2 * X_2 = \alpha_2 * I_2 + \beta_2 * K_2 \quad 8.69$$

$$B_1 * Y_1 = \varepsilon_1 * J_1 + S_1 \quad 8.70$$

$$B_2 * Y_2 = \varepsilon_2 * J_2 + S_2 \quad 8.71$$

$$B_3 * Y_3 = \varepsilon_3 * J_3 + \sigma_3 * L_3 \quad 8.72$$

gdzie: X_1, X_2, Y_1, Y_2, Y_3 - intensywności produkcji odpowiednich sektorów, I_1, I_2, J_1, J_2, J_3 - intensywności inwestycji wydatkowane na rozruch i wzrost odpowiednio sektorów X_1, X_2, Y_1, Y_2, Y_3 ,

K_2, L_3 - intensywności inwestycji wydatkowane w sektorze Y_2 na produkcję U-233 dla sektora X_2 i Y_3 , $A, B, \alpha, \beta, \varepsilon$ - odpowiednie współczynniki,

2. bilanse produkcji:

reaktorów wysokotemperaturowych produkujących ciepło wysokotemperaturowe

$$B(t) = \frac{1}{c_{x1}(I_1)} * X_1(t) + \frac{1}{c_{x2}(I_2)} * X_2(t) \quad 8.73$$

reaktorów termicznych i prędkich produkujących energię elektryczną

$$E(t) = \frac{1}{c_{y1}(J_1)} * Y_1(t) + \frac{1}{c_{y2}(J_2)} * Y_2(t) + \frac{1}{c_{y3}(J_3)} * Y_3(t) \quad 8.74$$

3. bilanse magazynowania:

Pu-239 wytwarzanego w sektorze Y_1 i przeznaczonego dla sektora Y_2

$$S_1(Y_1) = \kappa_1 * Y_2 \quad -8.75$$

U-233 wytwarzanego w sektorze Y_2 i przeznaczonego dla sektorów X_2 i X_3

$$S_2(Y_2) = \kappa_2 * X_2 + \kappa_3 * X_3 \quad 8.76$$

4. ograniczenia maksymalnej intensywności produkcji poszczególnych sektorów:

$$G_{X_1} = X_1(t) - X_1(0) - \frac{1}{v_{x1}} \int_0^t I_1(\tau) d\tau \leq 0 \quad 8.77$$

$$G_{X_2} = X_2(t) - X_2(0) - \frac{1}{v_{x2}} \int_0^t I_2(\tau) d\tau \leq 0 \quad 8.78$$

$$G_{Y_1} = Y_1(t) - Y_1(0) - \frac{1}{v_{y1}} \int_0^t J_1(\tau) d\tau \leq 0 \quad 8.79$$

$$G_{Y_2} = Y_2(t) - Y_2(0) - \frac{1}{v_{y2}} \int_0^t [J_2(\tau) + K_2(\tau) + L_3(\tau)] d\tau \leq 0 \quad 8.80$$

$$Gy_3 = Y_3(t) - Y_3(0) - \frac{1}{v_{y3}} \int_0^t J_3(\tau) d\tau \leq 0 \quad 8.81$$

5. ograniczenie intensywności produkcji sektora Y_1 , produkującego Pu-239, który będzie wymagany dla pośredniej generacji reaktorów Y_2

$$Gs_1 = \int_0^t S_1[J_1(\tau)] d\tau - V_1 \leq 0 \quad 8.82$$

PROBLEM

Przyjmujemy następujący harmonogram strategii inwestycji, realizowany w czterech kolejnych podprzedziałach czasowych $[0, T_1 - \delta]$, $[T_1 - \delta, T_1]$, $[T_1, T_2]$, $[T_2, T]$:

1. **podprzedział $[0, T_1 - \delta]$** - inwestuje się jedynie w sektory X_1 i Y_1 ,
2. **podprzedział $[T_1 - \delta, T_1]$** - gromadzi się Pu-239 dla reaktorów generacji pośredniej,
3. **podprzedział $[T_1, T_2]$** - inwestuje się w sektor Y_2 , reaktorów prędkich, które produkują Pu-239 dla siebie i U233 dla następnej generacji, wstrzymując inwestowanie w sektory X_1 i Y_1 ($I_1 = J_1 = 0$).
4. **podprzedział $[T_2, T]$** - rozbudowuje się sektor Y_2 i zapoczątkowuje się rozwój sektorów generacji docelowej X_2, Y_3 .

Dane: $c_{xi}(t)$, $c_{yj}(t)$, $B(t)$, $E(t) \in L^2[0, T]$, $i = 1, 2, 3$, V_1 .

Dla przyjętej struktury strategii inwestycji znaleźć rozkład czasowy intensywności inwestycji:

$I = (I_1, I_2, K_2)$, $J = (J_1, J_2, J_3, L_3) \in L^2[0, T]$, realizowanych w danym horyzoncie planowania T przez i -te i j -te sektory, tak ażeby całkowity koszt, określony przez funkcję celu

$$Q = \sum_{i=1}^2 \int_0^T X_i(t) dt + \sum_{j=1}^2 \int_0^T [Y_j(t) - S_j(t)] dt + \sum_{j=1}^2 \int_0^T F_j \left[\int_0^t Y_j(\tau) - S_j(\tau) d\tau \right] dt \quad 8.83$$

przybierał minimum przy ograniczeniach

$$G = (Gx_1, Gx_2, Gy_1, Gy_2, Gy_3, Gs_1) \leq 0 \quad 8.84$$

Ostatnie wyrażenie zależności (8.119) przedstawia koszty magazynowania Pu-239 i U-233, gdzie F_j są danymi funkcjami kosztów gromadzenia.

Problem optymalizacji opisany zależnościami (8.83) - (8.84) przedstawia problem optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami nierównościami całkowitymi. Rozwiązanie problemu, stosując metodę funkcjonalów Lagrange'a i uogólnioną teorię Kuhna-Tuckera, sprowadza się do układu równań całkowych typu Voltery. Z rozwiązania ich i z warunków koniecznych optymalności wyznacza się strategię inwestycji i punkty czasowe T_1, T_2 .

8.6.2 Zagadnienie współzawodnictwa technologii

Przed kryzysem energetycznym, gdy udział kosztów paliw w wytwarzaniu energii elektrycznej był mały, o tym jakiego typu elektrownie należało budować decydowały koszty inwestycji. A więc strategię inwestycji określało współzawodnictwo określonego zbioru technologii. Z tego zbioru wygrywały technologie o najniższych kosztach inwestycyjnych. W pracy [8.36] autor niniejszej monografii rozpatrywał zagadnienie współzawodnictwa technologii, jako strategię inwestycji, o najniższe koszty produkcji. Rozważał zagadnienie współzawodnictwa stosując metodę funkcjonalów Lagrange'a. W wyniku uzyskanego rozwiązania sformułowano ją w następujący sposób:

Stosować tę technologię, która charakteryzuje się najkorzystniejszym wybranym wskaźnikiem ekonomicznym, tak długo, aż pojawi się korzystniejsza technologia. W przypadku, gdy najkorzystniejsza technologia jest osiągalna w niewystarczających ilościach wybrać ze zbioru uporządkowanego współzawodniczących technologii, następną, której wskaźnik ekonomiczny jest najbliższy wskaźnika poprzednio wybranej technologii.

W szeregu pracach autora niniejszej monografii, a także w programach symulacyjnych jako kryterium współzawodnictwa stosuje się funkcjonal zwrotu kapitału łożonego na wprowadzanie do określonego systemu danej technologii (zwanego również wskaźnikiem zyskowności kapitału inwestycyjnego). Określa się jego w następujący sposób:

$$R(T) = \frac{\int_0^T [P(t) - Kr(t) - Ke(t) - Kp(t) - Ja(t) - Ks(t)] dt}{\int_0^T Ji(t) dt} \quad 8.85$$

gdzie: $P(t)$ - wartość produkcji; $Kr(t)$ - intensywność kosztów badań i rozwoju technologii; $Ke(t)$ - koszty eksploatacji; $Kp(t)$ - koszty paliw; $Ks(t)$ - koszty socjalne ponoszone z tytułu użytkowania danych paliw lub wykorzystywania danego źródła energii; $Ja(t)$ - roczne koszty amortyzacji zdyskontowane w okresie ekonomicznego czasu życia technologii, $Ji(t)$ - rozkład czasowy kosztów inwestycyjnych zdyskontowanych w odpowiednich cyklach inwestycyjnych.

Rozważając określony zbiór technologii oszacowuje się wyżej przedstawiony współczynnik zwrotu, który jest zależny od szeregu parametrów między innymi horyzontu planowania, w którym dokonuje się oceny, stopy dyskontowej i długości cyklu inwestycyjnego. Następnie stosując algorytm wyboru najkorzystniejszych przedsięwzięć wybiera się najkorzystniejszą dla danego zbioru parametrów ścieżkę rozwoju.

8.6.3 Zagadnienie optymalnego rozwoju przedsiębiorstw

Różnorodny strategię rozwoju zjednoczenia, które tworzą następujące zakłady produkcyjne:

- i -te kopalnie surowców, $i \in I$,
 - j -te zakłady produkcyjne, wytwarzające k -te asortymenty, przy możliwości zastosowania do każdego asortymentu jednej z l -tych technologii, $j \in J, k \in K, l \in L$,
- jako zagadnienie minimalnych kosztów produkcji i maksymalnego zysku. Zagadnienia te rozpatrzmy kolejno dla kopalń, a następnie dla zakładów.

Zagadnienie minimalnych kosztów produkcji

Kopalnie surowców.

Znaleźć dla n -tych punktów czasowych, $n = 1, \dots, N$,

$$\min \left[\sum_{i \in I} \sum_{n \in N} c(i, n) * X(i, n) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{n \in N} d(i, j, n) * Y(i, j, n) \right] \quad 8.86$$

gdzie: $X(i, n)$ - zmienna decyzyjna - wielkość produkcji surowców w kopalni i -tej w n -tym przedziale czasu; $c(i, n)$ - koszty pozyskiwania surowców w i -tej kopalni w n -tym przedziale czasu; $Y(i, j, n)$ - zmienna decyzyjna zero-jedynkowa - $Y(i, j, n) = 1$ gdy i -ta kopalnia dostarcza surowiec do j -tego zakładu produkcyjnego w n -tym przedziale czasu, $Y(i, j, n) = 0$ - w przeciwnym przypadku; $d(i, j, n)$ - koszty transportu surowca z i -tej kopalni do j -tego zakładu w n -tym przedziale czasu, przy ograniczeniach:

1. bilansu podaży surowców z i-tej kopalni

$$\sum_{n \in N} X(i, n) = b(i) \quad 8.87$$

gdzie: $b(i)$ - wielkość zasobów i-tej kopalni,

2. bilansu popytu na surowce

$$X(i, n) - u(i, j, n) * Y(i, j, n) \geq 0 \quad 8.88$$

gdzie: $u(i, j, n)$ - popyt na surowce z i-tej kopalni przez j-te zakłady w n-tym przedziale czasu;

3. bilans wymaganych nakładów inwestycyjnych na rozwój kopalń

$$\sum_{i \in I} a(i, n) * \{ [X(i, n) - X(i, n - c_i)] + w(i, n - m) \} \leq I(n) \quad 8.89$$

gdzie; $a(i, n)$ - jednostkowe nakłady inwestycyjne; $w(i, n - m)$ - intensywność wyczerpywania się istniejących zdolności wydobywczych i-tej kopalni począwszy od m-tego przedziału czasowego, $I(n)$ - osiągalność nakładów inwestycyjnych w n-tym przedziale czasowym,

4. i dodatkowo

$$X(i, n) \geq 0, \quad Y(i, j, n) = 0 \text{ lub } 1 \quad 8.90$$

Zakłady produkcyjne

Przyjmuje się, że wybór technologii dla każdego asortymentu wybrano porównując wartości funkcjonalów zwrotu poszczególnych technologii.

Znaleźć dla n-tych punktów czasowych, $n = 1, \dots, N$,

$$\min [\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{n \in N} e(j, k, n) * Z(j, k, n)] \quad 8.91$$

gdzie: $Z(j, k, n)$ - zmienna decyzyjna zero-jedynkowa; $e(j, k, n)$ - koszt produkcji w j-tym zakładzie k-tego asortymentu w n-tym przedziale czasu, przy ograniczeniu:

1. bilansu produkcji i-tych zakładów

$$\sum_{k \in K} f(j, k, n) * Z(j, k, n) \leq Pr(j, n) \quad 8.92$$

gdzie: $f(j, k, n)$ - intensywność produkcji w j-tym zakładzie k-go asortymentu w n-tym przedziale czasu,

2. bilansu wymaganych nakładów inwestycyjnych na wprowadzanie k-tych asortymentów w j-tych zakładach

$$\sum_{k \in K} g(j, k, n) * f(j, k, n) * nz(j, k, n) * Z(j, k, n) \leq I_k(j, n) \quad 8.93$$

gdzie: $g(j, k, n)$ - jednostkowe koszty inwestycyjne przypadające na jeden przedział czasowy cyklu inwestycyjnego; $nz(j, k, n)$ - rozkład przedziałów czasowych, obejmujących cykle inwestycyjne produkcji k-tych asortymentów, gdzie $nz(j, k, n) = 1$ gdy realizuje się

inwestycje, w przeciwnym przypadku $nz(j, k, n) = 0$; $Ik(j, n)$ - osiągalne nakłady finansowe dla i -tego zakładu,

3. przy warunku, że

- $P(j, n)$ asortymentów może być równocześnie produkowanych w j -tych zakładach i n -tych przedziałach czasowych

$$\sum_{k \in K} Z(j, k, n) = P(j, n), \text{ dla } j \in J \text{ i } n \in N \quad 8.94$$

- wprowadzenie k -go asortymentu w j -tym zakładzie, korzystającym z zasobów z i -tej kopalni w n -tym przedziale czasowym wymaga, aby ten zakład w tym przedziale czasowym był w ruchu

$$Z(j, k, n) \leq Y(i, j, n) \quad 8.95$$

Zagadnienie maksymalnego zysku

Założenie. Dla poszczególnych ścieżek rozwoju, dla określonego horyzontu czasowego T , wyznacza się funkcjonały zwrotu, stanowiące jednostkowy zysk.

Kopalnie

Znaleźć dla określonego horyzontu czasowego

$$\max \left[\sum_{i \in I} c'(i, T) * X'(i, T) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d'(i, j, T) * Y'(i, j) \right] \quad 8.96$$

gdzie: $X'(i, T)$ - zmienna decyzyjna - wielkość produkcji surowców w kopalni i -tej dla T -tego horyzontu planowania; $c'(i, T)$ - funkcjonał zwrotu pozyskiwania surowców w i -tej kopalni dla T -go horyzontu planowania; $Y'(i, j)$ - zmienna decyzyjna zero-jedynkowa - $Y'(i, j) = 1$ gdy i -ta kopalnia dostarcza surowiec do j -tego zakładu produkcyjnego, $Y'(i, j) = 0$ - w przeciwnym przypadku; $d'(i, j, T)$ - funkcjonał zwrotu obrazujący koszty transportu surowca z i -tej kopalni do j -tego zakładu dla T -go horyzontu planowania, przy ograniczeniach:

1. bilansu podaży surowców z i -tej kopalni

$$\sum_{n \in N} X(i, T) = b(i) \quad 8.97$$

gdzie: $b(i)$ - wielkość zasobów i -tej kopalni,

2. bilansu popytu na surowce

$$X(i, T) - u(i, j, T) * Y(i, j) \geq 0 \quad 8.98$$

gdzie: $u(i, j, T)$ - popyt na surowce z i -tej kopalni przez j -te zakłady dla T -go horyzontu planowania;

i dodatkowo

$$X(i, T) \geq 0, \quad Y(i, j) = 0 \text{ lub } 1.$$

Zakłady produkcyjne

Przyjmuje się, że wybór technologii dla każdego asortymentu wybrano porównując wartości funkcjonałów zwrotu poszczególnych technologii.

Znaleźć dla horyzantu planowania T

$$\max \left[\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} e'(j, k, T) * Z'(j, k) \right] \quad 8.99$$

gdzie: $Z(j, k)$ - zmienna decyzyjna zero-jedynkowa; $e(j, k, T)$ - funkcjonal zwrotu dla j-tego zakładu produkującego k-ty asortyment dla T-go horyzontu planowania, przy ograniczeniu:

1. bilansu produkcji i-tych zakładów

$$\sum_{k \in K} f(j, k, T) * Z(j, k) \leq Pr(j, T) \quad 8.100$$

gdzie: $f(j, k, T)$ - intensywność produkcji w j-tym zakładzie k-go asortymentu dla T-go horyzontu planowania,

przy następujących warunkach:

3. P(j) asortymentów może być równocześnie produkowane w j-tych zakładach,

$$\sum_{k \in K} Z(j, k) = P(j), \text{ dla } j \in J \quad 8.101$$

4. wprowadzenie k-go asortymentu w j-tym zakładzie, korzystającym z zasobów z i-tej kopalni wymaga, aby ten zakład w rozważanym przedziale czasu $[0, T]$ był w ruchu

$$Z(j, k) \leq Y(i, j) \quad 8.102$$

8.7 Oceny opłacalności przedsięwzięć rozwoju

8.7.1 Uwagi wstępne

Jakakolwiek strategia rozwoju, regionu, systemu jądowego, systemu produkcji biomasy lub zakładu produkcyjnego, będzie wymagała podejmowania przedsięwzięć inwestycyjnych, realizowanych w konkretnych przedsiębiorstwach. Przedsiębiorstwo staje się więc zasadniczym ogniwem realizacji strategii rozwoju. Jednakże należy mieć na uwadze, że podstawowym celem działalności przedsiębiorstwa jest generowanie zysków.

Strategia rozwoju może obejmować nie tylko inwestycje odtworzeniowe, modernizacyjne i innowacyjne, ale także inwestycje dotyczące interesu publicznego związane z określonymi przepisami prawnymi na przykład służącymi ochronie środowiska. Oznacza to, że nie sposób rozważać zagadnienia rozwoju bez znajomości zagadnień zarządzania finansami przedsiębiorstwa, konsekwencją których staje się opłacalność przedsięwzięć rozwoju. Zagadnienia te stają się przedmiotem niniejszego punktu, w którym omówi się niektóre wskaźniki ekonomiczne konstruowane dla oceny efektywności ekonomicznej funkcjonowania przedsiębiorstwa takie jak:

- wskaźnik zyskowności kapitału inwestycyjnego,
- wskaźnik bieżącej płynności finansowej przedsiębiorstwa,
- wskaźnik zdolności do obsługi zadłużenia,
- wskaźnik rynku kapitałowego.

Dla wyznaczenia wyżej wymienionych wskaźników konieczne są informacje między innymi o zysku netto, majątku, a więc o aktywach przedsiębiorstwa, płynnych środkach obrotowych, zobowiązaniach i ceny rynkowej akcji. Podstawą wyznaczania tych wielkości są przepływy pieniężne, które obrazują wpływy i wydatki środków pieniężnych w toku działalności przedsiębiorstwa. Sporządza się je na podstawie sprawozdań bilansu i rachunku

wyników. Prognozy przepływów pieniężnych, rozłożone w czasie, mają istotne znaczenie z punktu widzenia podejmowania decyzji inwestycyjnych. Zanim określimy wyżej wymienione wskaźniki podamy informacje o uczestnikach w procesie zarządzania finansami przedsiębiorstwa, źródłach pozyskiwania kapitału, sprawozdań bilansu, rachunku wyników i przepływów pieniężnych wykorzystując informacje zawarte w głównie w publikacjach [8.38 - 8.40].

8.7.2 Uczestnicy w procesie zarządzania finansami przedsiębiorstwa i źródła pozyskania kapitału

Tradycyjnymi formami wykształconymi w gospodarce rynkowej są:

- wyłączna własność przedsiębiorcy,
- spółki występujące w formie spółek osobowych lub akcyjnych, zwanych również korporacją.

Z prawnego punktu widzenia forma zarządzania w postaci wyłącznej własności przedsiębiorcy, w której jednostka zarządza osobiście przedsięwzięciem, jest identyfikowana całkowicie ze swym właścicielem. Jedną z najważniejszych zalet jest jej prostota. Inne formy organizacyjne wymagają rozbudowanych struktur i opłat. Są podporządkowane szczegółowym przepisom prawnym. Przy niewielkiej ilości wymogów prawnych, forma wyłącznej własności właściciela zapewnia właścicielowi swobodę w zarządzaniu. Jednakże forma ta posiada wiele wad. Jedną z nich jest nieograniczona odpowiedzialność, w wyniku której właściciel może być narażony na duże ryzyko. Wyłącznie właściciele mogą mieć także problemy z uzyskaniem kredytów.

Spółka osobowa jest własnością dwu lub więcej partnerów, którzy wnoszą odpowiedni kapitał, wspólnie prowadzą działalność gospodarczą, ponoszą ryzyko związane z tą działalnością, dzielą się osiągniętymi zyskami i odpowiadają za zobowiązania spółki. W przeciwieństwie do wyłącznej własności przedsiębiorcy, partnerzy mogą zapewnić finansowanie łącząc swoje zasoby, aby uzyskać kredyt. Ogólna odpowiedzialność spółki osobowej jest nieograniczona i obejmuje wszystkie osobiste zasoby partnerów. Typowe udziały spółki nie mogą być transferowane bez zgody innych partnerów, co także ogranicza możliwości zdobycia nowych źródeł finansowania.

Podstawą działalności spółki akcyjnej stanowi kapitał wniesiony przez wspólników w postaci akcji. Akcjonariusze są właścicielami spółki i odpowiadają za zobowiązania spółki do wysokości wniesionego kapitału. Za bieżącą działalność spółki odpowiada zarząd. Przy podejmowaniu podstawowych decyzji strategicznych dotyczących kierunków rozwoju, inwestycji, podziału zysku oraz obsady czołowych stanowisk kierowniczych duży udział ma rada nadzorcza. Niektóre z tych decyzji są zatwierdzane na walnych zgromadzeniach akcjonariuszy w drodze głosowania. Spółki akcyjne mają wiele źródeł finansowania i rozszerzania swojej działalności. Najważniejszym źródłem finansowania - wewnętrznym - jest nie rozdzielona część zysku. Istotną rolę odgrywa także fundusz amortyzacji. Finansuje się z niego także nowe inwestycje. Zewnętrzne źródła finansowania stanowią środki pochodzące ze sprzedaży akcji i obligacji oraz z kredytów zaciągniętych w bankach.

Nie ma żadnych uniwersalnych zasad odnośnie najlepszej formy organizacyjnej dla danego przedsiębiorstwa. Ogólnie rzecz biorąc, wybór właściwej formy prawnej organizacji działalności gospodarczej może być uwarunkowany następującymi czynnikami:

- * spodziewaną wielkością przedsiębiorstwa,
- * rozliczeniami podatkowymi,
- * potencjalną odpowiedzialnością prawną [8.40].

Warunkiem realizacji inwestycji jest zgromadzenie określonego kapitału, którym może dysponować przedsiębiorstwo. Możliwości inwestycyjne przedsiębiorstwa zależą zatem od wartości kapitału jakim przedsiębiorstwo może dysponować oraz od kosztów tego kapitału,

zależnych od stopy dyskontowej. Konieczne staje się określenie potencjalnych źródeł pozyskania kapitału inwestycyjnego.

Zasadniczą substancję kapitałów przedsiębiorstwa powinny stanowić jej kapitały własne. Składają się na nie:

- * wkłady kapitałowe właścicieli, wnoszone w formie udziałów, subskrypcji akcji, tworzące kapitał podstawowy, w zależności od formy prawnej przedsiębiorstwa noszący różne nazwy, na przykład kapitał założycielski, udziałowy, akcyjny,
- * zyski pozostawione do dyspozycji przedsiębiorstwa.

Kapitały własne znajdują się w bezpośredniej dyspozycji przedsiębiorstwa, a na ich zwrot udziałowcy mogą liczyć dopiero w momencie jej likwidacji.

Kapitał akcyjny przedsiębiorstwo może zgromadzić na kilka różnych sposobów. Istnieją trzy podstawowe metody:

- * ograniczona emisja akcji,
- * uprzywilejowana subskrypcja akcji dla dotychczasowych akcjonariuszy posiadających prawo pierwokupu,
- * publiczna emisja akcji [8.40].

Źródła obcych kapitałów można scharakteryzować uwzględniając ich podział na długoterminowe i krótkoterminowe.

Długoterminowe kapitały obce uzyskiwane są z dwóch zasadniczych źródeł:

- * emisji obligacji na rynku papierów wartościowych,
- * kredytów bankowych.

Obligacje są papierami wartościowymi zawierającymi zobowiązanie do okresowego wypłacania ich posiadaczom (inwestorom) odsetek oraz zwrotu podstawowej kwoty długu w terminie wykupu obligacji. Emisja obligacji jest formą zaciągania długu pozabankowego, emitentami są instytucje publiczne, a także przedsiębiorstwa. W większości przypadków stopa oprocentowania pożyczek obligacyjnych jest wyższa od bankowej, a także dość kosztowny jest system emisji i obsługi obligacji. Jednak mimo tych wyższych kosztów pożyczki zaciągane przy pomocy emisji obligacji stanowią najbardziej stabilne źródło pozyskiwania obcych kapitałów.

Akcje przedsiębiorstw i obligacje są podstawowymi instrumentami rynku kapitałowego, który tworzy skomplikowany system instytucji finansowych. Rynek ten to system, przekształcający oszczędności w inwestycje produkcyjne, dzięki którym zasoby kapitałowe wykorzystywane są na wiele różnych sposobów [8.40].

Długoterminowe kredyty zaciągane w bankach dotyczą z reguły zamierzeń inwestycyjnych. Uzyskanie takich kredytów łączy się z uprzednio dokonaną przez bank analizą zdolności przedsiębiorstwa do obsługi zadłużenia w przyszłości oraz uwarunkowane jest przeważnie odpowiednim udziałem kapitałów własnych w realizacji danego przedsięwzięcia przez kredytobiorcę.

Rosnąca skala wykorzystania obcych kapitałów powoduje wzrost ryzyka finansowego, które może prowadzić do nadmiernego wzrostu kosztów finansowych oraz do utraty płynności finansowej (pokrycia bieżących zobowiązań środkami obrotowymi). Wynika stąd konieczność kształtowania struktury kapitałów przedsiębiorstwa w sposób zapewniający maksymalizację zyskowności własnych kapitałów ale przy utrzymaniu granic z góry określonego ryzyka finansowego.

8.7.3 Bilans

Bilans stanowi podstawowe sprawozdanie finansowe przedsiębiorstwa, prezentujące stan majątku i źródła jego finansowania na dany moment. Ogół składników majątkowych przedsiębiorstwa określany jest aktywami. Mogą one mieć charakter majątku trwałego bądź obrotowego. Część aktywów ujętych wartościowo występuje w formie rzeczowej (środki trwałe - będące między innymi wynikiem prowadzonych inwestycji, materiały, wyroby

gotowe), część natomiast można ująć tylko wartościowo (gotówka, należności, papiery wartościowe). Obligacje i akcje stanowią elementy majątku obrotowego. Źródła finansowania majątku są określane w bilansie pasywami. Wskazują one kto wyposażył przedsiębiorstwo w odpowiednie środki finansowe i na jakich warunkach - kapitały własne, kapitały obce, zobowiązania, zysk lub strata. Występują one jedynie w ujęciu wartościowym. Wszystkie aktywa przedsiębiorstwa muszą znajdować odbicie w pasywach, stąd globalne sumy aktywów i pasywów są sobie równe [8.38].

8.7.4 Rachunek wyników

Rachunek wyników jest, obok bilansu, jednym z najważniejszych sprawozdań finansowych sporządzanych przez wszystkie przedsiębiorstwa. W odróżnieniu od bilansu, który prezentuje majątek przedsiębiorstwa i źródła jego finansowania w określonym momencie, rachunek wyników rejestruje w miarę upływu czasu i trwania działalności eksploatacyjnej tworzenie się wyniku finansowego - zysku lub straty przedsiębiorstwa.

Ogólna konstrukcja rachunku wyników w krajach o gospodarce rynkowej jest następująca:

Przychody ze sprzedaży netto = przychody ze sprzedaży - podatek od wartości dodanej (VAT)

Nadwyżka finansowa brutto =
= przychody ze sprzedaży netto - koszty wytworzenia sprzedanych wyrobów

Zysk operacyjny =
= nadwyżka finansowa brutto - ogólne koszty zarządu - amortyzacja - koszty sprzedaży

Zysk przed spłatą odsetek i opodatkowania =
= zysk operacyjny + pozostałe dochody i zyski - pozostałe wydatki i straty

Zysk do opodatkowania =
= zysk przed spłatą odsetek i opodatkowania - odsetki od kredytów i pożyczek

Zysk netto = zysk do opodatkowania - podatek dochodowy

Konstrukcję rachunku wyników wprowadzonego w 1991 w gospodarce polskiej opisują zależności:

Wynik na działalności gospodarczej =
= przychody z działalności gospodarczej - koszty uzyskania przychodów

Wynik finansowy brutto =
= wynik na działalności gospodarczej + zyski nadzwyczajne - straty nadzwyczajne

Wynik finansowy netto =
= wynik finansowy brutto - podatek dochodowy - inne obowiązkowe odpisy z zysku roku bieżącego

W przedsiębiorstwach państwowych obligatoryjnym obciążeniem zysku jest również (oprócz podatku dochodowego) dywidenda od funduszu założycielskiego oraz podatek od ponadnormatywnych wypłat wynagrodzeń. W spółkach dywidendy dla akcjonariuszy bądź

udziałowców są elementem podziału zysku, dokonywanego przez Walne Zgromadzenie Wspólników.

Istotnym problemem przy dokonywaniu tendencji rozwojowych podstawowych wielkości ekonomicznych jest inflacja. Dlatego też podstawowe wielkości ekonomiczne należałoby korygować o oficjalny wskaźnik inflacji.

8.7.5 Przepływy pieniężne

Przepływy środków pieniężnych w przedsiębiorstwach są rezultatem procesów transformacji tych środków w majątek trwały i obrotowy [8.38]. Procesy te znajdują odbicie w zmianach struktury aktywów i pasywów przedsiębiorstwa w roku obrachunkowym oraz w rachunku wyników. Punktem wyjścia przy sporządzaniu sprawozdań z przepływów pieniężnych jest ustalenie nadwyżki finansowej jaką przedsiębiorstwo wygospodarowało w okresie bilansowym. Składa się na nią zysk netto oraz amortyzacja środków trwałych, określana mianem "płynną gotówką" lub "cash flow". A więc:

Nadwyżka finansowa = zysk netto + amortyzacja

Nadwyżka finansowa i inne źródła pozyskiwania kapitału własnego i obcego przedsiębiorstwo przeznacza na wzrost majątku trwałego, obrotowego, spłatę kredytów i pożyczek oraz zmniejszenie wszelkich zobowiązań.

Przepływy pieniężne obejmują przychody finansowe oraz sposób ich zagospodarowania. Zestawienie tych przepływów koncentruje się na ukazaniu przepływów gotówkowych w działalności eksploatacyjnej, finansowej i inwestycyjnej przedsiębiorstwa [8.38]. Składa się ono z następujących części:

1. przychody z działalności bieżącej (uzyskiwane z bilansu i rachunku wyników),
2. wydatki na działalność gospodarczą (uzyskiwane z bilansu i rachunku wyników),
3. bieżące przepływy finansowe netto (uzyskiwane z bilansu i rachunku wyników),
4. przepływy pieniężne netto z działalności bieżącej, jako wynik przychodów z działalności bieżącej pomniejszone o wydatki na działalność gospodarczą i bieżące przepływy finansowe netto,
5. wydatki nie związane z działalnością bieżącą (uzyskiwane z bilansu i danych uzupełniających), w tym:
 - wydatki inwestycyjne,
 - spłata zadłużenia długoterminowego,
 - wypłata dywidend,
6. wpływy z instrumentów finansowych (uzyskiwane z bilansu), a więc:
 - sprzedaż akcji, udziałów lub obligacji,
 - zaciągnięte kredyty długoterminowe,
7. **przepływy pieniężne netto ogółem** (jako zmiana zasobów pieniężnych) **stanowiących:**

sumę

przepływy pieniężne netto z działalności bieżącej i wpływów z instrumentów finansowych

pomniejszoną o

wydatki nie związane z działalnością bieżącą.

W przedsiębiorstwach funkcjonujących w gospodarce rynkowej zestawienie źródeł i zastosowań przychodów wykorzystuje się w analizach prognostycznych. Służy ono do pokazania możliwości zbilansowania zapotrzebowania na kapitał ze źródłami jego pozyskania. Po opracowaniu strategii rozwoju przedsiębiorstwo określa bowiem środki niezbędne na jej realizację. Toteż w pierwszej kolejności wyznacza zapotrzebowanie na fundusz z przeznaczeniem na inwestycje, na wzrost funduszu obrotowego, na utrzymanie

stanu środków pieniężnych na poziomie zapewniającym płynność finansowania, a następnie szuka źródeł tego zapotrzebowania. Po ustaleniu wielkości możliwych do pozyskania środków własnych z zysku, amortyzacji, ze zwiększania kapitałów własnych w wyniku sprzedaży akcji, przedsiębiorstwo stara się ustalić koszt i ryzyko korzystania ze środków obcych. Porównując jego wielkość z dochodami uzyskiwanymi z tego kapitału, koryguje zapotrzebowanie na kapitał w sposób nie ograniczający zakresu realizacji strategii rozwoju.

8.7.6 Analiza wskaźnikowa kondycji finansowej przedsiębiorstwa

Analiza wskaźnikowa jest rozwinięciem analizy sprawozdań finansowych. Wachlarz wskaźników, które mogą być konstruowane dla oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa jest szeroki [8.38 - 8.40]. Mogą one być wykorzystywane przez menedżerów, kredytodawców, banków i akcjonariuszy. Uwaga menedżerów będzie się koncentrować na płynności finansowej, zapotrzebowaniu na kapitał obrotowy oraz zyskowości przedsiębiorstwa, w tym zyskowości kapitału inwestycyjnego. Kredytodawcy będą koncentrować swoje zainteresowanie na zdolności przedsiębiorstwa do samofinansowania, czyli wielkości cash flow gwarantującej spłatę długoterminowych zobowiązań. Banki zaś udzielające kredytów krótkoterminowych na uzupełnianie kapitału obrotowego, będą oceniać płynność finansową przedsiębiorstwa. Akcjonariusze przedsiębiorstwa zainteresuje natomiast wielkość dywidendy oraz relacja zysku do ceny rynkowej akcji, Zyskowość przedsiębiorstwa, jest przedmiotem zainteresowania wszystkich wymienionych grup odbiorców analizy wskaźnikowej. Analiza wskaźnikowa nie jest wolna od pewnych ograniczeń. Najpoważniejszym z nich jest fakt, że bazuje wyłącznie na przeszłości firmy. Jednak wraz z analizą otoczenia przedsiębiorstwa, które mogą tworzyć:

- * koniunktura gospodarcza,
- * inflacja,
- * rynek papierów wartościowych,
- * polityka fiskalna państwa poprzez system podatkowy,
- * polityka monetarna państwa poprzez regulowanie podaży i ceny pieniądza kredytowego,
- * interwencjonizm państwowy objawiający się w postaci:
 - ulg podatkowych,
 - subwencjonowania kapitałów,
 - polityki celnej,
 - interwencji w sferę kształtowania się kursów walutowych,

analiza wskaźnikowa może służyć do przewidywania warunków działania przedsiębiorstwa w przyszłości.

8.7.7 Wskaźniki zyskowości

Zyskowość lub rentowność wiąże się z osiągnięciem przez przedsiębiorstwo dodatniego wyniku finansowego, a więc zysku. Istnieje szereg wskaźników rentowności lub zyskowości dotyczących oceny bieżącej działalności przedsiębiorstwa, takich jak między innymi wskaźnik rentowności sprzedaży, majątku, kapitału własnego [8.38 - 8.40]. Jednakże w przypadku przedsięwzięć rozwojowych, realizujących określoną strategię rozwoju przez przedsiębiorstwo istnieje konieczność wcześniejszego poniesienia nakładów, celem osiągnięcia określonych efektów w przyszłości. Skutkiem realizacji tych przedsięwzięć, są więc rozłożone w czasie przepływy pieniężne odzwierciedlające wartość tych nakładów i efektów w czasie realizacji inwestycji, jak i w czasie eksploatacji stworzonego potencjału produkcyjnego. Przyjmuje się, że miarą oceny zyskowości kapitału inwestycyjnego dla założonego horyzontu planowania, są wskaźniki zyskowości kapitału inwestycyjnego, określone przez rów. 8.121, które informują o rozkładzie w czasie okresu planowania wielkości zysku przypadającego na jednostkę monetarną inwestycji.

8.7.8 Wskaźniki bieżącej płynności finansowej

Płynność finansowa pokazuje zdolność przedsiębiorstwa do wywiązywania się z krótkoterminowych zobowiązań, które są płatne w przeciągu jednego roku. Opinie na ten temat można formułować na podstawie kształtowania się następujących wskaźników:

- pokrycia bieżących zobowiązań,
- szybkości spłaty bieżących zobowiązań,
- obrotu należnościami oraz zapasami [8.38,8.39].

8.7.9 Wskaźniki zdolności do obsługi zadłużenia

Niezależnie od charakterystyki bieżącej płynności finansowej przedsiębiorstwa celowa jest ocena bardziej perspektywicznych możliwości spłaty jej zobowiązań, także długoterminowych. Ocenę taką można przeprowadzić na podstawie wskaźników:

- pokrycia płaconych odsetek zyskiem,
- obciążenia majątku zobowiązaniami,
- pokrycia majątku kapitałami własnymi,
- relacje zobowiązań i kapitałów własnych,
- pokrycia zobowiązań nadwyżką finansową.

8.7.10 Wskaźniki rynku kapitałowego

Przedsiębiorstwo powinno dbać o utrzymanie należytej reputacji finansowej na rynku kapitałowym. Dotyczy to szczególnie spółek akcyjnych, których akcje zostały wprowadzone do publicznego obrotu papierami wartościowymi. Pozycja przedsiębiorstwa na tym rynku wpływa bowiem na ewentualne dalsze możliwości powiększania kapitałów, drogą emisji akcji lub obligacji. Jest uwzględniana także, przy podejmowaniu decyzji kredytowych przez banki. Niezbędna jest zatem samo ocena efektywności finansowej przez przedsiębiorstwo uwzględniając wskaźniki, przy pomocy których inwestorzy oceniają korzyści płynące z posiadanych akcji różnych przedsiębiorstw. Do grupy tych wskaźników zalicza się:

- zysk netto przypadający na jedną akcję,
- relację ceny rynkowej akcji do przypadającego na nią zysku,
- stopę dywidendy,
- stopę wypłat dywidendy.

8.7.11 Ryzyko w decyzjach rozwojowych

Każda decyzja rozwojowa bazuje na prognozie przyszłych warunków działania. Opiera się zatem, na przewidywaniach obarczanych zawsze pewną dozą niepewności. Stąd podejmując je ponosimy określone ryzyko, że decyzja ta okaże się błędna i nie przyniesie oczekiwanych efektów. Ryzyko definiuje się zazwyczaj jako niebezpieczeństwo poniesionych strat. Zapewnienie wiarygodności wyników rachunku opłacalności przedsięwzięć rozwojowych wymaga uwzględniania w nim ryzyka towarzyszącego projektowanej inwestycji. Cel ten można osiągnąć poprzez:

- korygowanie stopy procentowej o tak zwaną premię ryzyka,
- wykorzystanie rachunku prawdopodobieństwa przy szacowaniu przewidywanych przepływów pieniężnych z inwestycji [8.38].

8.8 Polityka energetyczna państwa

8.8.1 Uwagi wstępne

Kształt polityki energetycznej państwa jest i będzie niejako pochodną wiedzy o możliwych wariantach rozwoju energetyki, a także o zdolności widzenia korzyści i zagrożeń wynikających z rozwoju odpowiednich technologii w skali świata, kraju i regionu. Mając to na uwadze, istotnym jest, aby wiedza decydentów i polityków, mających wpływ na kształtowanie polityki energetycznej kraju, była możliwie bliska informacjom podawanym w światowej literaturze fachowej o najnowszych działaniach nauki i techniki w rozważanej dziedzinie. Fakt ten był między innymi przyczyną podjęcia się opracowania niniejszej monografii przez autora. W monografii tej, w kolejnych paragrafach rozdziałów, podano dostępne dla autora informacje o technologiach źródeł odnawialnych i nieodnawialnych, a także o możliwych strategiach rozwoju energetyki, wykraczającej nieraz poza obszar jednego kraju. Informacje te winny kończyć się sugestiami dotyczącymi formułowania polityki energetycznej kraju, co czyni się w niniejszym paragrafie ostatniego rozdziału.

Polityka energetyczna jest jednym z etapów opracowywania strategii rozwoju systemu paliwowo energetycznego kraju. Potencjalnymi kryteriami poszukiwania najkorzystniejszych rozwiązań, które mogą być brane pod uwagę, są:

- działanie inflacyjne gospodarki narodowej,
- sprawność gospodarowania,
- jakość środowiska,
- rozdział regionalny.

Także koniecznym staje się uzględnienie faktu, że znaczne zmiany w strukturze użytkowanych nośników energii wymagają około ćwierćwiecza. Dlatego kryterium ochrony środowiska nabiera szczególnego znaczenia.

Działania inflacyjne gospodarki narodowej i sprawność gospodarowania będą wynikać między innymi z uwarunkowań rozwoju gospodarki narodowej. To zagadnienie rozważa się poniżej. Poprzedza ono ogólne sformułowanie niektórych sugestii dotyczących polityki energetycznej państwa. Czyni się to mając na uwadze, że realizacja polityki wymaga odpowiednich finansów, a o finansach państwa będą decydować określone uwarunkowania rozwoju gospodarki narodowej.

8.8.2. Niektóre uwarunkowania rozwoju kraju

Problem wyboru strategii badań i inwestycji, mających zagwarantować założony rozwój gospodarczy, od strony ekonomicznej i technologicznej, wiąże się z koniecznością znalezienia odpowiedzi na następujące pytanie:

jakiego rodzaju decyzje winny być podjęte dziś, ażeby zapewnić w przyszłości odpowiednie warunki rozwoju gospodarki narodowej?

Jednakże, jak wiadomo, problem rozwoju ekonomicznego nie może być dziś rozwiązywany z pominięciem aspektu ochrony środowiska naturalnego, a więc z pominięciem interakcji działalności człowieka i środowiska naturalnego. Rozwojowi gospodarczemu kraju towarzyszy bowiem stały wzrost emisji szkodliwych substancji chemicznych, oddziałujących bezpośrednio na otaczającą biosferę. Znaczna jej część w postaci gazów i pyłów emitowana jest do atmosfery, gdzie może być przenoszona, niekiedy na dość duże odległości. Z punktu widzenia środowiska musimy więc wiedzieć

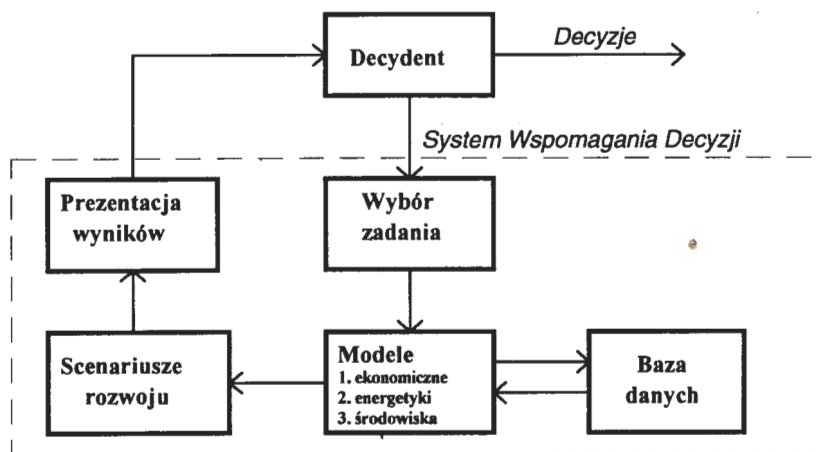
jak emitowane zanieczyszczenia, w postaci gazów i pyłów będą się rozprzestrzeniać, podlegając przy tym dyfuzji oraz procesom fizyczno - chemicznym, które kształtują ostatecznie intensywność i zasięg oddziaływania emisji szkodliwych zanieczyszczeń?

oraz

jak lokalizować regionalne nowe zakłady i gdzie wprowadzać technologie prowadzące do zmniejszania emisji zanieczyszczeń, aby minimalizować ewentualne przekroczenie zdolności asymilacyjnych środowiska danego regionu, które powodowałyby szkody ekologiczne, a w konsekwencji straty gospodarcze i społeczne ?

Odpowiedzi na oba pytania są ściśle związane z rozwojem sektora energii. Rozwój sektora energii jest z kolei ściśle związany z postępowaniem technologicznym i jest odbiciem przyjętej na najbliższe dziesięciolecia strategii rozwoju ekonomicznego. Ilościowa ocena zachodzących procesów gospodarczych oraz ich oddziaływania na środowisko musi być wspomagana przy pomocy odpowiedniego komputerowego systemu wspomagania decyzji.

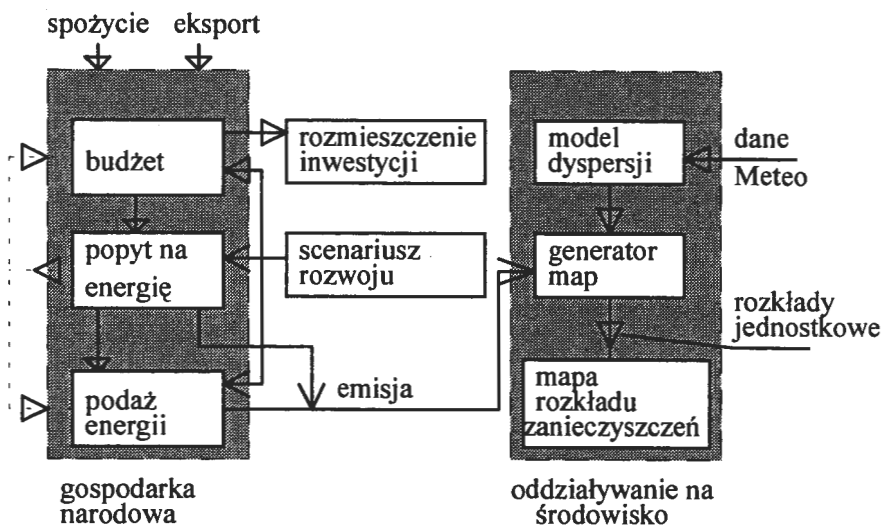
System wspomagania decyzji, którego schemat działania przedstawiono na rys. 8.2, ma wspomagać decydenta w poznawaniu sytuacji jakie mogą zaistnieć w konsekwencji podjętej decyzji. Sytuacji dotyczącej bezpośrednio procesu i pośrednio otoczenia tego procesu symulowanej rzeczywistości dla różnego horyzontu czasowego. W ten sposób system wspomagania decyzji ma uświadamiać decydenta o skali możliwego ryzyka, jakie może zaistnieć w przyszłości w wyniku podejmowania przedsięwzięć w teraźniejszości. Ma umożliwiać poszukiwanie najkorzystniejszych rozwiązań dla wybranego celu i wybranej konfiguracji zbioru danych wejściowych.



Rys. 8.2 Schemat komputerowego systemu wspomagania decyzji.

Próbie opracowania takiego systemu, jako Komputerowego Systemu Analizy **RO**zwoju Gospodarki Narodowej ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień energii i środowiska naturalnego, zwanym systemem KARO, podjęto w Instytucie Badań Systemowych PAN [8.41]. Schemat systemu KARO uwidocznił na rys. 8.3. Podstawowe programy obliczeniowe są reprezentowane przez następujące moduły:

1. budżetu gospodarki narodowej,
2. popytu na energię,
3. podaży energii,
4. lokalizacji regionalnej zakładów energetyki zawodowej (równocześnie źródeł zanieczyszczeń powietrza),
5. symulacji procesów przemieszczania się zanieczyszczeń atmosferycznych.



Rys. 8.3 Schemat systemu komputerowego.

System wspomaganie decyzji ma realizować określone zaprogramowane zadania wywoływane przez decydenta. W przypadku systemu KARO podstawowymi zadaniami realizowanymi przez ten system są:

1. oszacowanie konsekwencji rozwoju sektorów użytkowników energii i producentów energii dla określonych scenariuszy rozwoju tych sektorów,

2. weryfikacja czy gospodarka narodowa będzie w stanie ponieść wyżej wymienione konsekwencje przy założonym scenariuszu rozwoju gospodarki,

a następnie:

3. w wyniku oceny rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze sugerowanie regionalnej lokalizacji nowych inwestycji oraz wprowadzania technologii prowadzących do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń.

Zadanie drugie, określenie warunków w jakich gospodarka będzie w stanie ponieść konsekwencje rozwoju, jest realizowane przez moduł budżetu gospodarki narodowej. Wyznacza on, między innymi, zysk netto poszczególnych branż sektorów, którego część może być przeznaczana na inwestycje. Jednakże w większości przypadków, jest to kapitał nie wystarczający na finansowanie kapitałochłonnych inwestycji o długim cyklu inwestycyjnym, jakimi są inwestycje energetyczne. W związku z tym należy poszukiwać kapitałów własnych przez emisję akcji lub zaciągać dług poprzez kredyt bankowy lub emisję obligacji. W konsekwencji powstaje zadłużenie, na które będzie miała duży wpływ inflacja. Ażeby zmniejszyć ryzyko możliwego niebezpiecznego wzrostu zadłużenia należałoby ocenić niektóre uwarunkowania gospodarki narodowej dla określonego horyzontu planowania. Jednym z tych uwarunkowań jest przechodzenie gospodarki do stanu równowagi ekonomicznej pozbawionej zadłużenia zewnętrznego i wewnętrznego. Zagadnienie to było przedmiotem pracy [8.42], którego niektóre wyniki przedstawimy poniżej.

Jak wiadomo zadłużenie zewnętrzne kraju jest rzędu 40 mld \$. Powstaje więc kwestia:

jakie istnieją szanse na likwidację zadłużenia zewnętrznego w ograniczonym przedziale czasu?

Częściowe wyjaśnienie tej kwestii zilustrowano na rys. 8.4. Przedstawia on prognozę rozkładu spłat rocznych w mld \$ (1993) dla oprocentowania zadłużenia stosunkowo niską stopą dyskontową wynoszącą 4 %, jakie winny być zrealizowane, ażeby zadłużenie było zlikwidowane w okresie do 2005 - 2010. W okresie 10 lat 6 rat byłoby nie mniejsze niż 6 mld \$(1993). Dla porównania, zysk netto wszystkich podmiotów gospodarczych w 1992 roku wynosił 4,5 mld \$ (1993). W tym czasie dochody budżetu wynosiły około 20 mld \$ i nie były w stanie pokryć wydatków budżetu.

Według przedstawionej uproszczonej symulacji, wymagania jakie należałoby stawiać gospodarce narodowej, ażeby zlikwidować zadłużenie zewnętrzne w ograniczonym czasie, do 2005-2010 roku, stają się niewykonalne. Nie będzie można spłacać rat rzędu dochodu netto gospodarki narodowej i równocześnie rozwijać gospodarkę, ażeby mogła wypracowywać odpowiednie fundusze przeznaczane na spłacanie rat.

Sugerowanie kwestii dotyczącej rozważenia możliwości likwidacji zadłużenia do 2005 roku mogłoby wydawać się niecelowe, ponieważ spełnienie odpowiednich wymagań na pewno byłoby mało prawdopodobne. Jednakże, nie stawiając tej kwestii nie poznalibyśmy skali problemu jakie stworzyło zadłużenie zewnętrzne. Jego spłata przerasta możliwości obecnego i przyszłego stanu gospodarki. Ze skali tego zadłużenia wynika ponadto, że strategia społeczno-polityczna państwa winna zawierać między innymi następujące działania:

1. dokonywanie odpowiednio szczegółowych badań systemowych, pozwalających poszukiwać uzasadnienia dalszej znacznej redukcji zadłużenia,
2. prowadzenie odpowiedniej polityki informacyjnej dotyczącej konieczności oszczędzania i bardzo efektywnego wydatkowania funduszy z budżetu państwa.

Drugą kwestią istotną z punktu widzenia przechodzenia gospodarki do stanu równowagi ekonomicznej jest

określenie uwarunkowań, przy których zaistniałaby możliwość likwidacji zadłużenia wewnętrznego, powodowanego między innymi koniecznością spłacania zadłużenia zewnętrznego.

Dla wyjaśnienia tej kwestii rozważa się następujący scenariusz.

Zakłada się, że roczny wzrost produktu krajowego brutto ma wynosić 5,5 %, a wzrost płac realnych 1,5 % rocznie zgodnie z danymi podanymi w 1994 roku, a dotyczącymi prognozy rozwoju gospodarki narodowej na lata 1995-97. Ażeby spełnić te warunki, roczny wzrost eksportu winien wynosić około 21 %, a spożycie przez ludność 3,73 %.

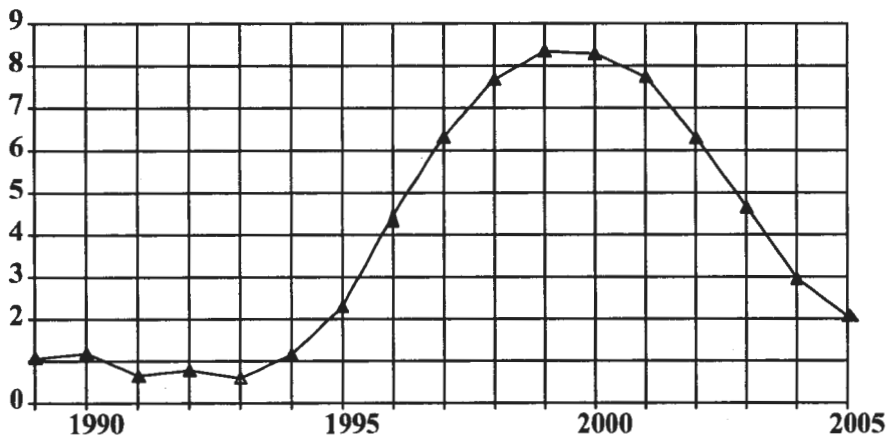
Obowiązują następujące ogólne założenia.

1. Przyjmuje się, że spłacane raty zadłużenia zewnętrznego będą stanowić 4 % od bieżącego zadłużenia zewnętrznego.
2. Dane wejściowe dotyczące finansów państwa i zadłużenia dla 1993 i 1994 roku są następujące:
 - zadłużenie zewnętrzne 1993 - 40,550 mld \$ (1993), 1994 - 36,213, (po uwzględnieniu redukcji przez klub londyński i paryski)
 - zadłużenie wewnętrzne - 1993 - 17,823 mld \$ (356,5 bln zł), 1994 - 18,386 mld \$ (467 bln zł),
 - spłata zadłużenia - 1993 - 0,607 mld \$, 1994 - 1,181 mld \$,
 - deficyt budżetu - 1993 - 2,183 mld \$ (43,8 bln zł), 1994 - 3.268 mld \$ (83 bln zł).

3. Modyfikacji wielkości eksportu i spożycia przez ludność dokonuje się równocześnie w odniesieniu do wszystkich branż dla danego scenariusza wybranych sektorów produkcyjnych, a więc przemysłu, budownictwa i rolnictwa.
4. Ekstrapoluje się strukturę spożycia, importu i eksportu obowiązującą w 1994 roku.

Z dostępnych danych autorowi wynika, że w wydatkach budżetu na dany rok uwzględniano spłacanie tylko części deficytu z poprzedniego roku. Część ta wynosiła dla lat 1992, 1993 odpowiednio 70 i 68,9 % i miała wynosić 84,5 % dla 1994 roku. Wyżej wymienioną część spłacanego deficytu, traktuje się jako współczynnik agregujący różne sposoby finansowania deficytu, rozumiane w sensie polityki finansowej. Wpływ wartości tego współczynnika na możliwy przebieg prognozy deficytu pokazano na rys. 8.5. Jak widać z przedstawionych danych już przy wartości współczynnika 0,7, jaki występował w 1992 roku, istnieje teoretyczna możliwość dochodzenia do równowagi ekonomicznej gospodarki narodowej. Dla współczynnika 0,6 likwiduje się deficyt budżetu na przełomie lat 1997 - 1998. Jednakże, można zaobserwować efekt wzrostu zadłużenia wewnętrznego w wyniku częściowego spłacania zadłużenia zewnętrznego na przebieg deficytu już w 2005 roku.

mld \$ (1993)

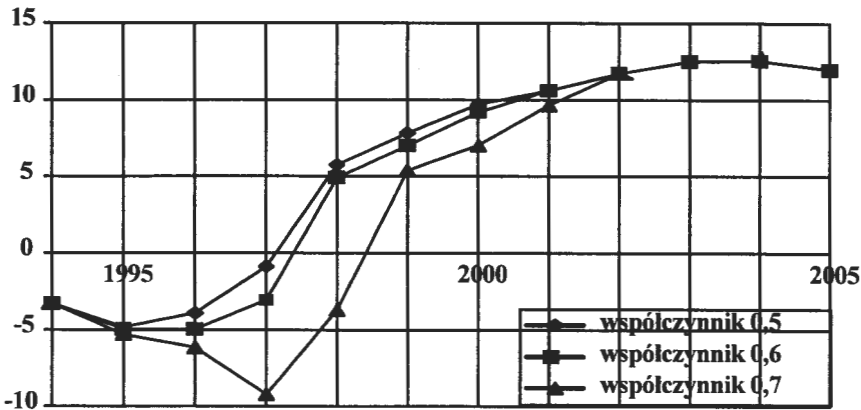


Rys. 8.4 Rozkład spłat rocznych w mld \$ (1993) jakie winny być zrealizowane dla likwidacji zadłużenia zewnętrznego w latach 1994 - 2005.

Przedstawione wyniki uproszczonej symulacji prognozy dochodów i wydatków, sugerują następujące stwierdzenie związane z wyjaśnieniem wyżej wymienionej kwestii.

Nie wydaje się możliwe spłacanie w danym roku całkowicie deficytu z poprzedniego roku zgodnie z zaistniałą stopą inflacji dla określonego wzrostu gospodarki. W przeciwnym wypadku deficyt budżetu wzrastałby analogicznie do kuli śnieżnej. Stąd powstaje konieczność prowadzenia odpowiedniej polityki finansowej przechodzenia do stanu równowagi ekonomicznej gospodarki narodowej.

mld \$ (1993)



Rys. 8.5 Prognoza dochodów i wydatków budżetu gospodarki narodowej dla trzech wartości współczynnika identyfikowanego z odpowiednią polityką finansową likwidacji zadłużenia wewnętrznego.

Wnioski z przedstawionych prognoz powyżej, a także zamieszczanych w pracy [8.42], dla przyjętych danych są następujące:

1. Pierwszym uwarunkowaniem rozwoju staje się znaczny wzrost produkcji globalnej gospodarki narodowej.
2. Drugim uwarunkowaniem wydaje się być to, aby wzrost produkcji globalnej następował w wyniku:
 - wzrostu spożycia przez ludność, spełniającego rolę motoru rozwoju gospodarki narodowej.
 - eksportu jako bodźca dla wzrostu dochodów ludności,
 - zwiększania efektywności produkcji, jako katalizatora dla pomnażania wzrostu dochodów ludności,
 - możliwie równomiernego udziału sektora przemysłu, budownictwa i rolnictwa, jako sektorów produkcyjnych, we wzroście produktu krajowego brutto i akumulacji finansowej gospodarki,

W związku z powyższym, powstaje między innymi konieczność określenia długoterminowej strategii rozwoju rolnictwa.

3. Trzecie uwarunkowanie jest związane z koniecznością zachowania odpowiedniej relacji dochodów budżetu do jego wydatków. Wymagane jest to dla redukcji zadłużenia zewnętrznego, wynikającego z niego zadłużenia wewnętrznego oraz dla tworzenia kapitału inwestycyjnego, bez którego nie będzie możliwy wzrost eksportu i współzawodnictwo produkcji krajowej z zagraniczną na rynku krajowym.
4. Konsekwencją akceptacji trzeciego uwarunkowania staje się uwarunkowanie czwarte. Identyfikuje się je z odpowiednią polityką, prowadzoną w skali kraju, wymuszającą właściwe relacje pomiędzy wykorzystywaniem zysku na inwestycje i spożycie.
5. Prognoza bilansu dochodów i wydatków w końcowym rozważanym okresie wykazuje znaczne spowolnienie wzrostu gospodarczego. Jest to zjawisko destabilizacji gospodarki wynikające z narastania zadłużenia, w przypadku gdy wysokość spłacanych rat staje się krotnością stopy dyskontowej. Prowadzi to do sformułowania kolejnego uwarunkowania,

dotyczącego konieczności prowadzenia odpowiednich negocjacji, mających na celu uzyskanie dalszej redukcji zadłużenia zewnętrznego.

6. Obok wzrostu eksportu, jako impulsu dla rozwoju gospodarki, drugim czynnikiem istotnym, pozwalającym przejść do równowagi ekonomicznej kraju, wydaje się odpowiednia polityka finansowa likwidacji zadłużenia wewnętrznego. Jednakże, ewentualny sukces tej polityki może zostać zneutralizowany przez nie planowany wzrost inflacji.

Jak wspomniano w uwagach wstępnych, działania inflacyjne gospodarki narodowej i sprawność gospodarowania będą wynikać między innymi z uwarunkowań rozwoju gospodarki narodowej.

Działanie inflacyjne ma szczególnie ujemny wpływ między innymi na procesy inwestycyjne o długim cyklu inwestycyjnym. Większość inwestycji w energetyce charakteryzuje się długim cyklem inwestycyjnym, zawartym w granicach od jednego roku (w niewielu przypadkach) do 10-ciu lat. Jak wynika z prognoz przedstawionych na rys. 8.5, całkowita rekompensata przez państwo skutków inflacji będzie bardzo utrudniła, lub uniemożliwiła wyjście gospodarki z zadłużenia wewnętrznego (wzrost współczynnika identyfikowanego z odpowiednią polityką finansową państwa). W konsekwencji staje się nieodzownym prowadzenie takiej polityki finansowej kraju, w wyniku której społeczeństwo będzie musiało ponosić określone koszty likwidacji zadłużenia zagranicznego. Brak zadłużenia zagranicznego, dokonanego w czasie gospodarki planowanej centralnie, znacznie osłabiłoby konieczność ponoszenia tych kosztów, co wykazują prognozy uwidocznione na rys. 3-cim. W związku z tym powstaje konieczność ogólnego zrozumienia nadrzędności ekonomii nad polityką. Można sądzić, że takie zrozumienie mogłoby nastąpić, gdyby szerokim kręgom decydentom, działaczom związkowym, politykom i środkom przekazu udostępnić odpowiedni komputerowy system dialogowy. System ten poprzez odpowiednią symulację wariantów rozwoju gospodarki narodowej mógłby ułatwiać zrozumienie konieczności podejmowania niepopularnych decyzji w skali kraju, a także pozwalać weryfikować obietnice bez pokrycia.

Sprawność gospodarowania nie może być znacznie poprawiona, gdy udział sektora rolnictwa i leśnictwa w produkcji krajowym brutto jest około 6 razy mniejszy w porównaniu z udziałem sektora przemysłu, gdy równocześnie udział zatrudnionych w ogólnej liczbie zatrudnionych wynosił dla rolnictwa i przemysłu odpowiednio 27,6 i 25,9 % (według danych statystycznych z 1992 roku). Jest to między innymi konsekwencją istniejącej struktury obszarowej gospodarstw rolnych, będącej wynikiem prowadzonej polityki agrarnej w okresie gospodarki planowanej centralnie. W strukturze tej 51 % stanowią gospodarstwa rolnicze o obszarze poniżej 5-ciu hektarów. Przedstawione liczby świadczą, że niska efektywność sektora rolnictwa może stanowić jedno z głównych przeszkód na drodze do podnoszenia sprawności gospodarowania. Rolnictwo jako najbardziej zaniedbany sektor w gospodarce narodowej wymaga takiej pomocy ze strony państwa, która pozwoli w przyszłości temu sektorowi znacznie bardziej efektywnie niż obecnie uczestniczyć w rozwoju kraju. Jest to drugie ważne uwarunkowanie rozwoju gospodarki narodowej.

8.8.3 Sugestie dotyczące polityki energetycznej państwa

Obok konieczności zmniejszania inflacji i uczynienia sektora rolnictwa bardziej efektywnym, następnym warunkiem rozwoju gospodarki narodowej w skali kraju lub regionu jest i będzie konieczność spełniania wymagań ochrony środowiska naturalnego. Dotyczy to szczególnie w skali globalnej świata emisji dwutlenku węgla i w skali regionu emisji dwutlenku siarki. Spełnianie to będzie możliwe jedynie poprzez stosowanie odpowiednich technologii, umożliwiających racjonalne użytkowanie energii i wykorzystywanie w określonym stopniu odnawialnych źródeł energii, takich jak energia

biomasy, energia słońca i energii wiatrów. Wymagać to będzie określonych nakładów finansowych na badania i inwestycje związane z wprowadzaniem tych technologii.

Rozwój gospodarki narodowej poprzedza planowanie rozwojowe, z którego ma wynikać strategia rozwoju. Planowanie rozwojowe z punktu widzenia konsumentów energii i prywatnych firm, może obejmować rozwój technologii pozwalających w przyszłości zmniejszać zużycie energii i sprostać standardom ochrony środowiska naturalnego ustanawianym przez gospodarkę narodową. Producentów energii dotyczyć będzie rozwoju technologii zapewniających wysoką sprawność przetwarzania pierwotnych nośników energii i małe zanieczyszczenie środowiska.

Planowanie rozwojowe z punktu widzenia gospodarki narodowej winno zobowiązywać do:

- określenia dziś miejsca przemysłu energetycznego jakie mógłby zajmować w przyszłości w rozwoju gospodarki narodowej, tak ażeby spełniał swoją funkcję możliwie najkorzystniej z punktu widzenia zaspakajania popytu na energię i ochrony środowiska naturalnego,
- przewidywania jakie urządzenia i produkty przemysłu energetycznego mogą być przedmiotem przyszłego eksportu, a następnie po etapie badań być opanowywane przemysłowo.

Etapami realizacji planowania rozwojowego w skali kraju winno być:

- opracowanie długoterminowej polityki energetycznej państwa, uwzględniającej konieczność ochrony środowiska i przewidywanej możliwości eksportu urządzeń energetycznych lub ewentualnie zawansowanych technologii, a w konsekwencji
- określenie strategii badań naukowych, dotyczącej rozważanej materii, i następnie tworzenie spółek kapitałowych, lub wchodzenie w takie spółki, w celu opanowywania określonych technologii.

Częścią długoterminowej polityki energetycznej kraju winna być również strategia subwencjonowania prowadzenia technologii źródeł odnawialnych.

Możliwości eksportu urządzeń energetycznych wynikają z prognoz zapotrzebowania na potencjalnym światowym rynku na nowe moce elektrowni. Przewiduje się, że do 2010 roku w części zachodniej świata zainstaluje się 600 000 MW, w krajach rozwijających się około 400 000 MW [8.1]. Takie kraje jak RFN, mający jeden z największych udziałów eksportu w ogólnej produkcji kraju, prowadzi dziś politykę energetyczną, zapewniającą Republice Federalnej Niemiec znaczny udział na przyszłym światowym rynku energetycznym. Firma IMATRAN VOIMA OY w Finlandii rozwija technologię płaskich kolektorów słonecznych. Według słów dyrektora naukowego tej firmy czyni to dlatego, aby znaleźć się na rynku afrykańskim, w chwili gdy kraje Afryki zaczną się elektryfikować. Odpowiedź na pytanie czy Polska winna zabiegać o ewentualne uczestnictwo na przyszłym światowym rynku energetycznym winna być jednoznaczna, że tak. Kwestią otwartą pozostaje wybór opanowywanych technologii.

Pośród rozpatrywanych technologii źródeł odnawialnych, traktowanych jako źródła uzupełniające w zaspakajaniu popytu na energię, największe szanse zastosowania w warunkach krajowych, w niedalekiej perspektywie, mogłyby mieć technologie:

- uprawy w pierwszej kolejności rzepaku, a następnie krótko okresowej uprawy biomasy drzewnej [8.43], a następnie
- wykorzystywanie biomasy drzewnej w produkcji energii elektrycznej i ciepła w lokalnym skojarzonym układzie gazyfikacji, turbiny gazowej i parowej, a także technologie:
- produkcji ciekłych lub gazowych substytutów paliw kopalnych w wyniku fermentacji rzepaku lub w procesie pirolizy biomasy drzewnej w obecności powietrza i metanu,
- słoneczny system grzewczy z sezonowym magazynowaniem energii wspomagany pompą ciepłą.

Uzasadnienie uprawy i przetwarzania biomasy miałyby na celu zwiększenie sprawności gospodarowania sektora rolnictwa. Można oczekiwać, że rolnictwo stanie się bardziej

efektywne jeżeli będzie zwiększała się akumulacja finansowa poszczególnych gospodarstw rolnych. Jednym z warunków umożliwiających realizację tego celu jest powiększanie gospodarstw pod względem powierzchni użytków rolnych. Drugim warunkiem jest zapewnienie zbytu na produkcję szczególnie na rynku krajowym w sytuacji, gdy rynek światowy, na którym można uzyskiwać korzystne ceny, jest i będzie coraz bardziej ograniczony.

Zwiększanie powierzchni gospodarstw przyczyni się do wzrostu bezrobocia na wsi. Uwarunkowaniem wykorzystywania większej części produkcji rolniczej w kraju, może stać się w pierwszej kolejności uprawa biomasy w postaci rzepaku i następnie krótko okresowa kultywacja wierzby. Wierzba odpowiednio kultywowana na ziemiach słabszych, mogłaby być lokalnie wykorzystywana do produkcji energii lub przetwarzana na paliwo ciekłe i gazowe, a jej uprawa także tworzyłaby nowe miejsca pracy. W ten sposób można by osłabiać konieczność eksportu produkcji rolniczej, równocześnie zmniejszając konieczność importu paliw.

Jednym z warunków uprawy biomasy, szczególnie w postaci krótko okresowej uprawy wierzby, jest dostępność określonej ilości wody. Wodę można by uzyskiwać tworząc odpowiednie stopnie wodne w określonych dorzeczach. Na stopniach tych można by rozważać instalowanie małych elektrowni wodnych. Pozwoliłoby to dodatkowo rozwiązać problem zaopatrywania rolnictwa w wodę.

W regionie w wyniku zakładania i eksploatacji krótko okresowej uprawy wierzby, przetwarzania biomasy na nośniki energii, a także w wyniku budowy i eksploatacji stopni wodnych będzie można tworzyć nowe miejsca pracy. Te nowe miejsca pracy mogą ułatwić restrukturyzując gospodarstwa rolnych osłabiając bezrobocie, powstałe w wyniku zwiększania gospodarstw pod względem powierzchni użytków rolnych.

Jak wynika z przedstawionych rozważań, długoterminowa polityka energetyczna państwa obejmująca najbliższe dziesięciolecie, winna nie tylko przewidywać przyszłą strukturę podaży nośników energii. Winna także uczestniczyć w możliwości rozwiązywania systemowo problemów rozwoju kraju i regionów. W rozwoju tym obok zagadnień energii mogą występować inne zagadnienia, jak zagadnienie ochrony środowiska naturalnego lub zwiększania udziału w dochodzie narodowym rolnictwa, co może przyczynić się do wzrostu sprawności gospodarowania gospodarką narodową i być jednym z czynników osłabiającym działanie inflacyjne.

Jak wynika z sugestii dotyczących prowadzenia odpowiedniej polityki energetycznej kraju, podejmowanie decyzji o rozwoju kraju staje się problemem coraz bardziej złożonym, wymagającym rozwiązań systemowych, obejmujących zagadnienia nie tylko ekonomii i rozpatrywanych nie tylko w odniesieniu do kraju, ale również w odniesieniu do określonych regionów. Wymaga to przeprowadzania kompleksowej analizy rozwoju, w której uwzględniane będą wszelkie zjawiska sprzyjające rozwojowi i wszelkie ograniczenia natury ekonomicznej, technologicznej, społecznej i regionalnej. Ilościowa ocena zachodzących wzajemnie powiązanych procesów gospodarczych musi być wspomagana przy pomocy odpowiednich systemów komputerowych. Postęp w modelowaniu procesów ekonomicznych i środowiskowych oraz w planowaniu regionalnym pozwala obecnie stworzyć jednolity system komputerowy, łączący pojęcia, modele oraz dane wejściowe z różnych dyscyplin, w tym ekonomii, nauk środowiskowych i technologii. Technologie stanowią jeden z podstawowych czynników warunkujących rozwój. Treść niniejszej monografii zajęły głównie informacje o technologiach, obejmujące stan rozwoju, efekty ekonomiczne, znaczenie i wpływ na środowisko. Są to informacje, które mogą być wymagane w realizacji wspomnianej analizy kompleksowej rozwoju kraju. Mogą się przyczynić w pewnym stopniu, że wiedza decydentów i polityków, mających wpływ na kształtowanie polityki energetycznej kraju, będzie możliwie bliska informacjom podawanym w światowej literaturze fachowej o najnowszych działaniach nauki i techniki w rozważanej dziedzinie.

Literatura

- 8.1 Linstrem O., Fuel cell markets, Chemtech, January, 1989.
- 8.2 Nitsch J., i inni, The contribution of hydrogen in the development of renewable energy sources, 8-th World Hydrogen Energy Conference Honolulu, Waikoloa, lipiec 22-27, 1990.
- 8.3 Contributions to Hydrogen Energy Technology on the Occasion of the ISES Solar World Congress 1087, Hamburg, wrzesień 13-18, 1987.
- 8.4 Winter C.J., i inni, Hydrogen as an energy carrier: what is known? what do we need to learn?, VDI-GET German conference "Hydrogen Energy Technologies II" marzec 15-16, Stuttgart, 1989.
- 8.5 Cochrane J.L., Zeleny M., Multiple criteria decision making, University of South Carolina Press, 1973.
- 8.6 Zeleny M., Linear multiobjective programming, Springer-Verlag, 1974.
- 8.7 Cohon J.L., Marks D.H., A review and evaluation of multiobjective programming techniques, Water resources research, Vol. 11, No 2, 1975.
- 8.8 Church R.L., Cohon J.L., Multiobjective location analysis of regional energy facility siting problems, BNL 50567, 1976.
- 8.9 Staniszewski B., Termodynamika, PWN, 1969.
- 8.10 Rowe D.S., "Cobra-Computer program for coolant boiling in rod arrays", BNWL-37181, 1967.
- 8.11 Huber M.T., Mechanika ogólna i techniczna, Czytelnik, Warszawa, 1951.
- 8.12 Landau L., Lifszic F., Mechanika, PWN, 1966.
- 8.13 Tou J.T., Nowoczesna teoria sterowania, WNT, 1967.
- 8.14 Leitman G., Optimization Techniques, Academic Press, 1962.
- 8.15 Kulikowski R., Sterowanie w wielkich systemach, WNT, 1970.
- 8.16 Kulikowski R., Procesy optymalne w układach regulacji automatycznej, PWN, 1965.
- 8.17 Wierzbicki A., Optymalizacja dynamiczna, materiały szkoleniowe OPT, 1969/1970.
- 8.18 Bellman R.E., Dreyfus S.E., Programowanie dynamiczne, PWE, 1967.
- 8.19 Feldbaum A.A., Podstawy teorii optymalnych układów sterowania automatycznego, PWN, 1967.
- 8.20 Saaty T.L., Rram I., Nonlinear Mathematics, Mc Graw-Hill, 1964.

- 8.21 Pontriagin L.S., i inni, Matematyczeskaja teorija optymalnych procesow, Fizmatgiz, Moskwa, 1961.
- 8.22 Gamierlielidze R.W., Teorija optimalnych po bystrodziejstwiju processow w liniejnych sistiemach, Izv. AN SSSR, sierija matem., t 2, No 4, 1958.
- 8.23 Pontriagin L.S. Optimalnyjne processy riegulirowanija, Uspiechy matem. nauk, t 14, No1, 1959.
- 8.24 Grabowski W., Programowanie matematyczne, PWE, 1980.
- 8.25 Monta K., Time optimal computer control of nuclear reactor, Journal of Nuclear Science and Technology, Tokio, Vol. 3, 1966.
- 8.26 Aris R., Bellman R., Kaballa R., On control of reactor shutdown involving minimal xenon poisoning, Nuclear Science and Engineering (Journal of the American Nuclear Society), Vol. 6, 1959.
- 8.27 Ash M., Application of dynamic programming to optimal shutdown control, Nuclear Science and Engineering Vol. 24, 1966.
- 8.28 Duncombe E., On line optimization of nuclear reactor load control in the presence of nonlinearities, Uniwersytet w Pittsburghu, 1965.
- 8.29 Ciechanowicz W., On transient digital control of large nuclear power reactors, Nuclear Science and Engineering, Vol. 31, 1968.
- 8.30 Ciechanowicz W., Solberg K.O., On transient digital control of linear model of the Halden Boiling Water Reactor, Nuclear Science and Engineering, Vol. 36, 1969.
- 8.31 Ciechanowicz W., Lazarevic B., On transient digital control of boiling water reactor power plant, Nuclear Science and Engineering, Vol. 41, 1970.
- 8.32 Wade D.C., Terney W.B., Nuclear Science and Engineering, Vol. 45, 1971.
- 8.33 Terney W.B., Fenech H., Nuclear Science and Engineering, Vol. 39, 1970.
- 8.34 Motoda H., Kawai T., Nuclear Science and Engineering, Vol. 39, 1970.
- 8.35 Ciechanowicz W., A multilevel approach to nuclear fuel burnup optimization, Nuclear Science and Engineering, Vol. 57, 1975.
- 8.36 Ciechanowicz W., Optimal investment strategy of resource-energy system, part 1, part 2, Control and Cybernetics, Vol. 6, No 3-4, (1977) Vol. 7, No1, 1978.
- 8.37 Ciechanowicz W., Strategie rozwoju systemu paliwowo energetycznego, Raport IBS, PAN, ZTSW 15 - 64/78, 1978.
- 8.38 Sierpińska M., Jachna T., Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych, PWN, Warszawa 1993.

- 8.39 Bień W., Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa, Stowarzyszenie księgowych w Polsce, Warszawa 1993.
- 8.40 Jog V., Suszyński C., Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa, Kanadyjskie Konsorcjum Szkół Businessu w Polsce, Warszawa 1993.
- 8.41 Ciechanowicz W. Holnicki P. Kaluszko A., Komputerowa analiza rozwoju energetyki z uwzględnieniem ochrony środowiska, Biuletyn Instytutu Badań Systemowych, PAN, Nr 1 1993.
- 8.42 Ciechanowicz W., Niektóre uwarunkowania rozwoju kraju, Krajowa konferencja nt. "Analiza Decyzyjna Systemy Ekspertyczne Zastosowania Systemów Komputerowych", Warszawa 25-27.05.1994.
- 8.43 Ciechanowicz W., Potencjalne możliwości wykorzystywania odnawialnych źródeł energii w rolnictwie, Konferencja Naukowa "Rozwój teorii i technologii w technicznej modernizacji rolnictwa", Olsztyn-Krotowo, 22-23.09.1994.



IBS

43297

ISBN 83-85847-06-5

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 36-19-01 w. 241 e-mail: kotuszew@ibspan.waw.pl**