

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

На правах рукопису

Буяк Леся Михайлівна

УДК 519.863:338.3

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ОПТИМАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

08.03.02 – економіко-математичне моделювання

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата економічних наук

Науковий керівник
доктор фізико-математичних наук, професор
Григорків Василь Степанович

Тернопіль – 2004

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧО- ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ.....	16
1.1 Економіко-математичні моделі та їх місце в управлінні економікою.....	16
1.2 Аналіз економічних показників ефективності і рівня розвитку виробничої системи в ринкових умовах.....	21
1.3 Основні аспекти формування критеріїв оптимальності сучасного виробництва.....	27
1.4 Виробничі функції як математичні моделі процесу виробництва.....	32
1.4.1 Поняття виробничих функцій та огляд результатів їх моделювання.....	32
1.4.2 Теоретичні та методичні засади методів побудови виробничих функцій.....	43
Висновки до розділу 1.....	48
РОЗДІЛ 2. ВИРОБНИЧІ ФУНКЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ВИПУСКІВ	50
2.1 Структурні оптимізаційні моделі виробничих функцій...	50
2.2 Властивості виробничих функцій максимального та мінімального випусків	53
2.3 Методика побудови виробничих функцій оптимальних випусків у явному аналітичному вигляді.....	56

2.4	Виробничі функції максимального та мінімального випусків у випадку двосторонніх лінійних технологічних обмежень.....	62
2.5	Короткострокові та довгострокові виробничі функції.....	69
2.6	Концепція беззбитковості діючого виробництва в умовах ринкової економіки.....	73
2.7	Моделювання функцій оптимальних випусків беззбиткового виробництва.....	78
Висновки до розділу 2.....		81
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ФУНКЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ВИПУСКІВ.....		83
3.1	Проблеми екологізації економіки та їх врахування в економіко-математичних моделях.....	83
3.2	Моделювання еколого-економічних функцій структурного типу.....	100
3.3	Побудова аналітичних моделей еколого-економічних функцій	105
Висновки до розділу 3.....		109
РОЗДІЛ 4. ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНОГО ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПОБУДОВІ ПРИКЛАДНИХ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....		111
4.1	Комп'ютерний моніторинг результатів моделювання функцій оптимальних випусків.....	111
4.2	Моделі виробничих функцій максимального випуску у хлібопекарному виробництві.....	117
4.3	Моделювання максимального експортно-імпортного сальдо.....	132

Висновки до розділу 4.....	142
ВИСНОВКИ.....	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	147
ДОДАТКИ.....	160
Додаток А. Структура програмного забезпечення системи моделей функцій оптимальних випусків.....	160
Додаток В. Моделі аналізу та прогнозування розвитку хлібопекарного виробництва.....	166
Додаток С. Оптимізаційна модель експортно-імпортного сальдо і результати її практичної реалізації.....	177

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ВФ – виробнича функція
ВФМКВ – виробнича функція максимального випуску
ВФМНВ – виробнича функція мінімального випуску
ЕЕФ – еколого – економічна функція

ВСТУП

Хід економічних реформ в Україні показує, що для виходу країни із кризи недостатньо ринкових перетворень тільки на макроекономічному рівні. Незважаючи на те, що в державі сформувалась структура комерційних і інвестиційних банків, система фондових і валютних бірж, страхових компаній та інших ринкових інститутів, промисловість і сфера послуг продовжують стагнувати. Розвиток ринкових відносин та інтеграція вітчизняної економіки у світову спільноту вимагають її структурної перебудови з метою прискорення адаптації господарських суб'єктів до ринкового середовища. У зв'язку зі структурними змінами в економіці, загостренням конкуренції на ринку, перед підприємствами постають принципово нові вимоги відносно організації й функціонування. По-перше - це перебудова на сучасній інформаційній і технологічній основі організації виробничо-господарської діяльності; по-друге, розвиток концепції внутрішніх ринків корпорацій, що означає використання принципів ринкового господарства у внутрішній діяльності господарського суб'єкта. По-третє, відбуваються інтеграційні процеси в управлінні, орієнтовані на більш ефективне використання всіх ресурсів, перш за все фінансових та інвестиційних. І на кінець, вся діяльність підприємств повинна бути орієнтована на досягнення цільових показників (прибутковості, росту продаж та інше), для чого потрібно застосовувати сучасні принципи планування та управління. Таким чином, формування конкурентної економіки й проблеми адаптації підприємств до ринкового середовища, ефективної їх діяльності є двоєдиним і взаємопов'язаним процесом ринкової трансформації економічної системи в цілому. Це вимагає зміни концепцій управління, які використовувалися до цього часу, виходу на нові методи і засоби практичної

реалізації завдань управління з метою підвищення ефективності виробництва як умови конкурентоспроможності підприємства. Необхідність адаптувати виробництво до потреб ринку примушує впроваджувати нетрадиційні нововведення в управлінні. Виходячи з цього, необхідно розробити нові стратегії, які б давали можливість підприємствам забезпечити більш високий рівень економічного зростання та ефективності.

Актуальність роботи. Функціонування будь-якої господарської субстанції, її перспективи, конкурентні переваги й недоліки в кінцевому підсумку визначаються мірою ефективності її діяльності. Проблема “ефективності” є трансеконімічною за своїм змістом, бо зачіпає і інші сфери людської діяльності і, крім того, є актуальною для усіх економічних суб’єктів не залежно від їх галузевої належності. У найбільш широкій інтерпретації ефективність виробничо-еконімічної системи визначається рівнем продуктивного використання таких факторів як природні та матеріальні ресурси, мотивація до праці, ноу-хау, інвестиції. В умовах ринку економічну ефективність можна трактувати як доцільність використання певних економічних ресурсів із метою досягнення наперед визначених цілей і результатів. В критеріальному вимірі про оцінку рівня ефективності (або ж неефективності) діяльності господарського суб’єкта будь-якого рівня агрегованості можна судити на основі відповідного критерію, суть якого полягає у тому, що будь-яка економічна дія може вважатися ефективною лише тоді, коли позитивні результати від неї у формі споживчого надлишку й прибутку виробників будуть перевищувати її ж сумарні затрати. За таких обставин фундаментальна проблема економіки - проблема економічної ефективності проектується у продуктивну площину. Основою ефективного управлінського рішення є реальна можливість врахувати внутрішні резерви та зовнішні умови виробничо-господарської діяльності підприємства, а на макрорівні виробничої підсистеми у цілому. Усвідомлення того факту, що

наявні виробничо-технологічні ресурси є обмеженими, призвело до формування нових критеріїв функціонування виробничої підсистеми. Це ставить нові завдання перед економічною наукою в плані розробки адаптованих до сучасних умов механізмів, які б забезпечували ефективний розподіл реальних виробничих ресурсів. Оперуючи з агрегованими показниками та розглядаючи виробничий процес як “темну скриньку”, можна успішно вивчати цей процес, моделюючи залежність між вхідними (ресурсами) та вихідними (випусками продукції) показниками виробництва. Модель такої залежності прийнято називати виробничою функцією, побудова якої була й залишається актуальною на сьогодні. З поміж багатьох методів та прийомів розв'язання цієї важливої управлінської проблеми дедалі більшого поширення і прикладної популярності набувають методи оптимізації економічної діяльності суб'єкта господарювання з використанням сучасного економіко-математичного апарату та відповідних програмних і апаратних засобів, що опираються на апіорну гнучкість та альтернативність виробничо-технологічних ситуацій.

Таким чином, проблема дослідження існуючих на сьогодні моделей функцій випуску та розробка нових економіко-математичних підходів і методик їх побудови з урахуванням характерних особливостей сучасного ринкового виробництва та екологізації економіки у цілому є актуальною науковою проблемою, розв'язання якої вимагає не лише продукування нових теоретичних знань, але й створення конструктивних і мобільних прикладних засобів, що базуються на сучасних комп'ютерно-інформаційних технологіях та оптимізують процес прийняття економічних рішень. Незважаючи на достатній обсяг публікацій з цієї проблеми, вона до цих пір залишається принципово не розв'язаною. Причиною цього, вочевидь, є відсутність єдиної методології у розробці теоретичних аспектів побудови виробничих функцій, а також ідеалізація (або неадекватність) багатьох концептуальних і

економіко-математичних гіпотез, які відображає побудована виробнича функція.

У теорії виробничих систем наукові дослідження, які присвячені функціям випуску та виробничим функціям узагалі, займають особливе місце і започатковані у 30-х роках ХХ століття. Основи економіко-математичного моделювання процесів виробництва та виробничих функцій закладені у роботах багатьох зарубіжних і вітчизняних учених, зокрема, П.Дугласа, Д.Кобба, В.Леонтьєва, К.Ерроу, Х.Ченері, Б.Мінаса, Р.Солоу, Р.Сато, Дж.Хікса, М.Дж.Бекмана, Т.Свена, Д.Касса, С.Голдмана, Г.Тітнера, М.Брауна, Л.Канторовича, Л.Терехова, Б.Єршова, Ю.Яременка, А.Смишляєва, А.Гранберга, М.Баркалова, Г.Б.Клейнера, Ю.П.Іванілова, М.М.Мойсєєва, Р.Л.Раяцкаса, О.О.Шананіна, О.О.Бакаєва, В.М.Геєця, І.М.Ляшенка, В.С.Григорківа, М.В.Михалевича і інших.

Незважаючи на значні досягнення в цій галузі науки, велика кількість питань на сьогодні залишилась відкритою і недостатньо вивченою. Справа у тому, що у абсолютній більшості моделі виробничих функцій є економетричними конструкціями, побудова яких ґрунтується на математичній обробці результатів спостережень над вхідними та вихідними змінними процесу “затрати-випуск” і традиційно зводиться до задачі ідентифікації невідомих параметрів вибраної аналітичної залежності. Зібрана статистична інформація далеко не завжди є адекватною і достатньою для відтворення досліджуваних закономірностей, а особливо їх застосування у прогнозних розрахунках.

По-друге, при побудові функцій випусків у багатьох випадках є потреба відтворити у їхніх моделях не лише зв'язок між значеннями вхідних і вихідних змінних, але й деякі важливі структурні властивості виробничого процесу, що зробити за допомогою економетричного підходу досить складно або й навіть неможливо. Проблематичним також є моделювання функцій

випуску з урахуванням екологічних факторів, оскільки зібрати відповідну статистичну інформацію далеко не завжди вдається, а екологізація економіки та її перехід до сталого розвитку на сьогодні є чи не найбільш пріоритетним завданням суспільства.

І на кінець, у багатьох прикладних задачах економіки нас цікавлять оптимальні можливості даних виробничих технологій, що без сумніву вимагає інших підходів до їх моделювання, оскільки у існуючих традиційних як правило, відображається неоптимальне використання ресурсів.

Дане дисертаційне дослідження присвячене економіко-математичному моделюванню функцій випуску структурного типу і спрямоване на розв'язання описаних вище проблем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась в рамках наукових тем Тернопільської академії народного господарства: МОЕСП-61-02“К” “Розробка теоретичних засад, алгоритмічного та програмного забезпечення моделювання технічних, екологічних та економічних систем” (1999-2004 рр., державний реєстраційний номер 0101U002565); МОЕСП-78-03“К” “Оптимізація структури зовнішніх зв'язків економічного об'єкта та адаптація його функціонування до змін економічного середовища” (2001-2006 рр., державний реєстраційний номер 0103U003581).

Мета та задачі дослідження. Основною метою дисертаційного дослідження є подальший розвиток теоретичних, методологічних та методичних підходів у економіко-математичному моделюванні виробничих та еколого-економічних функцій і створення відповідного інструментарію для їх моделювання.

Досягнення цієї мети зумовило зміст дисертаційного дослідження, який полягав у вирішенні наступного комплексу завдань теоретичного й прикладного характеру:

- аналіз і систематизація висунутих у економічних наукових дослідженнях трактувань виробничих функцій та відомих наукових підходів до їх побудови та застосування, обґрунтування структурного (оптимізаційного) підходу до побудови виробничих функцій;
- побудова та дослідження на основі структурних оптимізаційних моделей виробничих процесів моделей виробничих функцій оптимальних випусків і розробка методики їх аналітичного зображення;
- моделювання виробничих функцій з урахуванням умов беззбитковості ринкового виробництва;
- побудова еколого-економічних функцій як функцій, що відображають виробничий процес в умовах еколого-економічної рівноваги;
- розробка відповідного прикладного інструментарію для моделювання та застосування функцій оптимальних випусків у прийнятті економічних рішень.

Об'єкт дослідження. Виробничо-економічна система типу “затрати-випуск”.

Предмет дослідження. Моделі виробничих та еколого-економічних функцій структурного типу.

Методи дослідження. Теоретичну та методологічну основу дисертаційного дослідження складають методи економіко-математичного моделювання, системного аналізу і моделювання складних систем, наукові положення економічної теорії, принципи концепції сталого розвитку, фундаментальні основи теорії прийняття оптимальних рішень, теорія математичного програмування, зокрема, теорія двоїстості у лінійному програмуванні, а також методи машинної імітації та комп'ютерного моніторингу.

Інформаційною базою дослідження були законодавчі, нормативні та методичні матеріали: офіційні статистичні дані Державного комітету

статистики України, Міністерства зовнішньоекономічних зв'язків і торгівлі України, Міністерства економіки України; звітні документації досліджуваного підприємства ТзОВ "Тернопільхлібпром" (м. Тернопіль).

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційного дослідження полягає:

- У розширенні поняття виробничої функції за допомогою структурних моделей, що описують оптимальні (потенційні) можливості процесу виробництва в умовах відповідних ресурсних та технологічних обмежень, що в кінцевому результаті дозволяє встановити межі граничних і допустимих варіантів наявних виробничих технологій та моделювати процес “затрати-випуск” без ретроспективної, а часто і не адекватної статистичної інформації.
- У розробці економіко-математичних моделей виробничих функцій мінімального й максимального випусків на основі оптимізаційних моделей виробничих процесів. Крім установлених властивостей, для цих функцій, які структурно формалізуються задачами лінійного програмування, запропоновані алгоритми їх побудови у явному аналітичному вигляді, що в певному розумінні розвиває апарат побудови та методологію дослідження в теорії виробничих функцій. Характерною відмінністю таких виробничих функцій є те, що вони не є гладкими, а тому не належать до добре вивченого класу функцій неокласичного типу.
- У науковому обґрунтуванні та введенні в теорію виробничих функцій категорії “беззбитковість”, яка апіорі передбачає необхідність моделювання виробничих функцій в умовах беззбиткового виробництва. Запропонована модель виробничої функції структурного типу з урахуванням беззбитковості і сучасних виробничих процесів, вивчені властивості даної функції та розроблений алгоритм її побудови у вигляді класичної

функціональної залежності. У цілому це розвиває концепцію беззбитковості ринкового виробництва, існування якого може бути доцільним лише за умови, коли виручка від реалізації продукції покриває загальні витрати на виробництво.

- У побудові моделей еколого-економічних функцій, зміст яких адекватно відображає еколого-економічний баланс виробництва, яке має дві складові: основне (матеріальне) виробництво і допоміжне виробництво (знищення забруднювачів). Вивчені властивості цих функцій та запропонована методика їх побудови у явному аналітичному вигляді. Крім того, дані моделі еколого-економічних функцій можуть використовуватися як на мікро- так і на макрорівні, наприклад, на міжгалузевому рівні. У загальному випадку ці функції є мірою корисності еколого-економічної взаємодії і спрямовані на розвиток економіко-математичних моделей, пов'язаних з актуальними проблемами екологізації економіки та переходу до сталого розвитку.

- У створенні комп'ютерного моніторингу як конкретного прикладного інструментарію для моделювання запропонованих у роботі різних типів виробничих, еколого-економічних та інших функцій оптимальних випусків. Апробація отриманих результатів здійснена на прикладах побудови виробничих функцій максимальних випусків у хлібопекарному виробництві та моделей функціональних залежностей максимального експортно-імпортного сальдо від факторів, що впливають на нього, які підтвердили ефективність запропонованих моделей в оптимізації відповідних економічних рішень.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в роботі моделі функцій оптимальних випусків можуть бути практичним методичним інструментом для досліджень і прогнозування виробничо-технологічних і еколого-економічних процесів та прийняття відповідних економічних рішень

по їх удосконаленню. У випадку, коли відома технологія виробничого процесу, апарат виробничих функцій дозволяє не тільки визначити основні характеристики цього процесу, а також отримати оптимальну стратегію його розвитку у перспективі.

Результати дослідження впроваджені у систему підтримки прийняття оптимальних рішень у практику планування на ТзОВ “Тернопільхлібпром” (м.Тернопіль), що підтверджується актами впровадження (довідка за №144/А від 2.12.2003 р.).

Теоретичні положення та практичні результати наукових досліджень, узагальнені в дисертації, знайшли відображення в навчально-методичних матеріалах, розроблених і впроваджених у навчальний процес кафедри економічної кібернетики Тернопільської академії народного господарства (довідка ТАНГ № 124-06/890 від 22.02.2004 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у введенні поняття виробничої функції структурного типу; розробці та впровадженні моделей виробничих функцій мінімального та максимального випусків з одно- та двосторонніми технологічними обмеженнями, встановленні їх властивостей; обґрунтуванні та введенні в розгляд виробничих функцій оптимальних випусків беззбиткового виробництва; побудові моделей еколого-економічних функцій; розробці методики побудови запропонованих виробничих та еколого-економічних функцій структурного типу у явній аналітичній формі; створенні програмно-інформаційного забезпечення для реалізації алгоритмів побудови функцій оптимальних випусків.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та одержані результати дисертаційної роботи доповідались автором та знайшли підтримку на

-міжнародній науково-практичній конференції “Стратегія економічного розвитку в умовах глобалізації” (м.Чернівці, 2000 р.);

-XIII міжнародній науково практичній конференції (м.Чернівці, 2002р.)
-усеукраїнській науково–практичній конференції “Роль регіонів у забезпеченні стійкого розвитку національної економіки України” (м.Чернівці,2003 р.);

-усеукраїнській науково–практичній конференції молодих учених “Економіко-математичні методи прийняття управлінських рішень на сучасному етапі” (м. Дніпропетровськ, 2003 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційного дослідження викладені у 11 наукових працях (у т.ч. 7 – у фахових виданнях ВАК України) загальним обсягом, що належать особисто автору 2,4 друкованих аркуша.

Автор вдячна за постійну увагу та наукові поради доктору фізико-математичних наук, професору Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича Григорківу Василю Степановичу.

Р О З Д І Л 1

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ

1.1. Економіко-математичні моделі та їх місце в управлінні економікою

Перехід до ринкової економіки тісно пов'язаний з процесами регулювання, управління і прогнозування виробничих і технологічних процесів, вивчення яких потребує формалізації соціо-техно-економічних взаємозв'язків існуючих виробничих систем і побудови на їх основі адекватних математичних моделей, що відображають суть і особливості сучасних соціальних економічних систем. Отже, в науковому плані актуальними є розробка й застосування економіко-математичних методів і моделей для розв'язування виробничо-господарських задач, визначення й вибору варіантів економічного розвитку на перспективу, забезпечення оптимального розподілу ресурсів та інше.

Економіко-математичне моделювання є одним із найбільш ефективних методів дослідження складних соціально-економічних систем і процесів. На

сучасному етапі воно є сплавом досягнень економіки, математики й кібернетики.

Одним із перших учених – економістів, який використав метод моделювання, був У.Петті (1623-1687). Він переконливо показав, що в дослідженні економічних явищ неможливо досягнути достатнього результату, поки якісний аналіз не буде заснований на кількісних оцінках. У.Петті, Ф.Кене, А.Сміт і Д.Рікардо розглядали економіку як систему, що складається з різноманітних, взаємопов'язаних підсистем.

В економічній науці XIX-XX ст. можна виділити три основних напрямки проведення економіко-математичних досліджень: математична школа, статистичний напрямок, економетрика.

Видатні представники математичної школи в політекономії О.Курно, А.Вальрас, Т.Госсен, У.Джевонс, В.Дмитрієв, Ф.Еджворт і В.Паретто зробили спробу дослідити на основі математичних методів важливі проблеми економічної теорії. Ними було зроблено вагомий внесок у розробку кількісного аспекту багатьох економічних проблем, зокрема, дослідження збалансованості народного господарства, аналіз залежності споживчого попиту, цін і доходів. До сучасної економічної науки увійшли і широко використовуються поняття кривих байдужості та ядра економічної системи Ф.Еджворта, поняття багатоцільового оптимуму В.Паретто, модель загальної економічної рівноваги А.Вальраса, формула обчислення повних затрат В.Дмитрієва.

Представники статистичного напрямку головним своїм завданням вважали вивчення економічних циклів і прогнозування господарської кон'юнктури на основі методів математичної статистики. Їх заслугою є розробка методичних питань обробки економічних даних, статистичних

узагальнень і статистичного аналізу. Характерним прикладом таких моделей є модель прогнозування господарської кон'юнктури – “господарський барометр”, що поєднує три криві: фондового ринку, товарного ринку, грошового ринку, які розраховують за соціальними індексами. Такі моделі є ефективними в умовах економічної стабільності, але вони не спроможні робити прогноз в умовах структурних зрушень у народному господарстві.

Представники економетрики намагалися об'єднати переваги математичної школи і статистичного напрямку, переборюючи їх однобічність. Серед нобелівських лауреатів – видатні економетрики Р.Фріш, Я.Тінбергер, П.Самуельсон, Д.Хікс, К.Ерроу, В.Леонтьєв, Т.Кумпанс, Л.Канторович. Чимало зробив для теорії трудової вартості, теорії граничної корисності відомий український учений М.Туган-Барановський.

Важко назвати теоретичні та практичні проблеми ринкової економіки, при розв'язуванні яких не використовували б математичні методи. Математичне моделювання дедалі ставало найпрестижнішим напрямком в економічній науці. В умовах загальної кризи 1928-1933 років учені звертаються до математичної моделі як форми, яка описує функціонування реального економічного механізму. З'являється спроба зв'язати мікроекономічний підхід із макроекономікою, ввести елементи динаміки, побудувати теорію економічного росту. Широко відомі макроекономічні моделі, розроблені Р.Вином, К.Холденом [1], моделі Клейна, канадська модель та інші [2-3]. Аналогічні моделі за участю американських вчених розроблені у Великобританії та Японії.

Наприкінці 30-х років ХХ ст. відбулися події, які істотно вплинули на економіко-математичні дослідження. Л.Канторович, аналізуючи проблеми організації та планування виробництва, сформував новий клас умовно-екстремальних задач, який потім було названо лінійним програмуванням. В.Новожилов сформулював задачу оптимального народногосподарського

плану, принципи порівняння витрат та їх наслідків при оптимальному плануванні.

Новий етап у розвитку економіко-математичних досліджень належить до другої половини 50-х років ХХ ст. з появою кібернетики – науки про управління динамічними системами. Основи застосування кібернетичних моделей для дослідження економічних систем сформульовані академіком І.Немчиновим. Цій проблемі присвячені роботи М.Кобринського, К.Багриновського, М.Федоренка, В.Новожилова та інших.

До середини 60-х років минулого століття економіко-математичні дослідження було піднесено на рівень державної економічної політики. Економіко-математичне моделювання охоплює важливі економічні проблеми на різних рівнях планування та управління. Розуміння необхідності використання економіко-математичних моделей як інструменту підтримки прийняття управлінських рішень в економіці, стимулювало інтенсивний розвиток досліджень і практичних втілювань теоретичних наробок. У різних країнах світу стали створюватися й використовуватися економіко-математичні моделі різної складності та функціонального призначення. Одночасно йшов безперервний процес удосконалення методологій і технологій конструювання, дослідження й застосування економіко-математичних моделей з використанням широких можливостей обчислювальної техніки, яка бурхливо розвивалася. Одержані результати дозволили створити економіко-математичні моделі, які з різним ступенем повноти враховували специфіку як національної економіки в цілому, так і окремих її галузей.

Світова економіка представлена системою, яка об'єднує регіони з різними інтересами. Кожна держава намагається знайти максимум функції мети на основі своїх ресурсних та технологічних можливостей. Відомі роботи А.Г.Гранберга по моделюванню світової економіки на основі

принципів глобальної оптимізації та оптимальної економічної взаємодії [4]. Під керівництвом академіка В.Глушкова [5] був розроблений метод послідовної оптимізації міжгалузевого балансу типу “витрати-випуск”, на основі якого була створена система “Дисплан”. Метод дозволяє перейти до неперервного планування, при якому постійно проводиться необхідна корекція моделі. Економетричну макромодель національної економіки розробили О.С.Ємельянов та Ф.Кушнірський [6]. Вона в агрегованому вигляді описує основні макроекономічні показники. Розроблялися моделі для планування та керування різними галузями народного господарства і в інших державах [2, 7-9].

До актуальних проблем сьогодення економіко-математичних досліджень відносять розробку та дослідження властивостей виробничих функцій (ВФ), функцій попиту різних груп споживачів та цільових функцій переваги споживачів; статичні та динамічні міжгалузеві моделі виробництва, розподілу та споживання продукції; моделі загальної рівноваги. До сучасних вітчизняних макроекономічних моделей можна віднести модель середньострокового прогнозування, розроблену в інституті кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України (автори розробки – Б.Панасюк, І.Сергієнко, Л.Гуляницький). Дана модель призначена для розрахунку щорічних темпів росту ключових макроекономічних змінних (реального ВВП, рівня інфляції та безробіття) [10]. Серед менш масштабних моделей слід виділити дві мономоделі, які є перспективними в плані використання. Квартальна (річна) модель прогнозного розрахунку реального ВВП, що розроблена в Кібернетичному Центрі НАН України під керівництвом О.Івахненка [11], придатна для прогнозних розрахунків реального обсягу ВВП, рівня реальних доходів населення та інших макропоказників. Довгострокова модель економічного зростання у перехідних економіках була розроблена співробітниками МВФ О.Гаврилишиним, І.Ізворські, Р. Роденом [12].

В останні роки в Україні в цьому напрямку працюють колективи вчених провідних науково-дослідних інститутів. Під керівництвом академіка В.Гейця розроблена система моделей для перспективного розвитку економіки України. За допомогою цих моделей можна зімітувати сполучення складових політики економічного зростання у поєднанні зі станом і перспективами зовнішнього та внутрішнього балансів, фінансового балансу та бюджетних обмежень [13-14]. Колективи вчених під керівництвом академіка О.Бакаєва вивчають специфічні особливості трансформації економіки України в умовах перехідного періоду. На основі системного аналізу ними розроблений комплекс моделей прогнозування економіки України в цілому, так і на регіональному рівні. Дослідженнями економічної політики України на довгострокову перспективу займаються наукові колективи під керівництвом О.Бакаєва, Б.Кваснюка, О.Власюка, та багато інших [15-20].

Послідовні українські реформи забезпечили сприятливі умови для макроекономічної стабілізації, досягнення відносної рівноваги на споживчому ринку. Тому дослідження розвитку різних економічних структур як на макрорівні, так і на мікрорівні є актуальні і сучасні. Вони є вихідною точкою наступних досліджень і створюють широкі можливості для теоретичного та практичного використання здобутків науки в повсякденному житті держави.

1.2. Аналіз економічних показників ефективності і рівня розвитку виробничої системи в ринкових умовах

Перехід до ринкової системи, демократизація суспільства виступають важливими факторами розвитку економіки держави. Вони є рушійною силою

появи і швидкого становлення підприємництва в різних сферах народного господарства. Розвиток підприємницької діяльності сприяє задоволенню суспільних потреб, підвищує конкурентоспроможність і економічну потужність країни. Теорія виробництва посідає центральне місце в економіці підприємства, оскільки на ній базуються економічні аспекти виробництва продукції. Виробничий процес полягає у тому, що комбінуванням або перетворенням одних благ створюються нові блага. Така діяльність здійснюється планомірно й орієнтована на певні критерії згідно з відповідними принципами. В даний час існує більш широкий погляд на виробництво. Орієнтація на споживчий попит, ведення маневруючої технологічної і товарної політики, прагнення до інновацій стали головними ідеями управлінських рішень, а динамічна зміна виробничих технологій, ріст конкуренції заставляють розглядати весь комплекс виробничого менеджменту із системних позицій [21-23].

Виробнича система – це особливий клас систем, діяльність яких направлена на виготовлення продукції та надання послуг. До елементів виробничої системи відносять матеріальні об'єкти, організацію виробництва, технологію, інформацію й продукти праці. Структура виробничої системи визначається складним взаємозв'язком елементів та підсистем, а також зв'язком із зовнішнім середовищем. Усі елементи виробничої системи функціонують з однією спільною метою – виготовлення необхідної продукції. При використанні системного підходу на основі маркетингових досліджень спочатку формуються параметри виходу виробничої системи – що виготовляти, з якими витратами, потім визначаються параметри входу – необхідні ресурси та інформація. Зворотній зв'язок є комунікаційним каналом між споживачами системи та виробниками. При зміні параметрів ринку, появі організаційно-технічних новинок, “вхід” системи і сама виробнича система повинні реагувати на ці зміни і вносити відповідні зміни в параметри функціонування. Схема функціонування виробничої системи зображена на рисунку 1.1 [24].

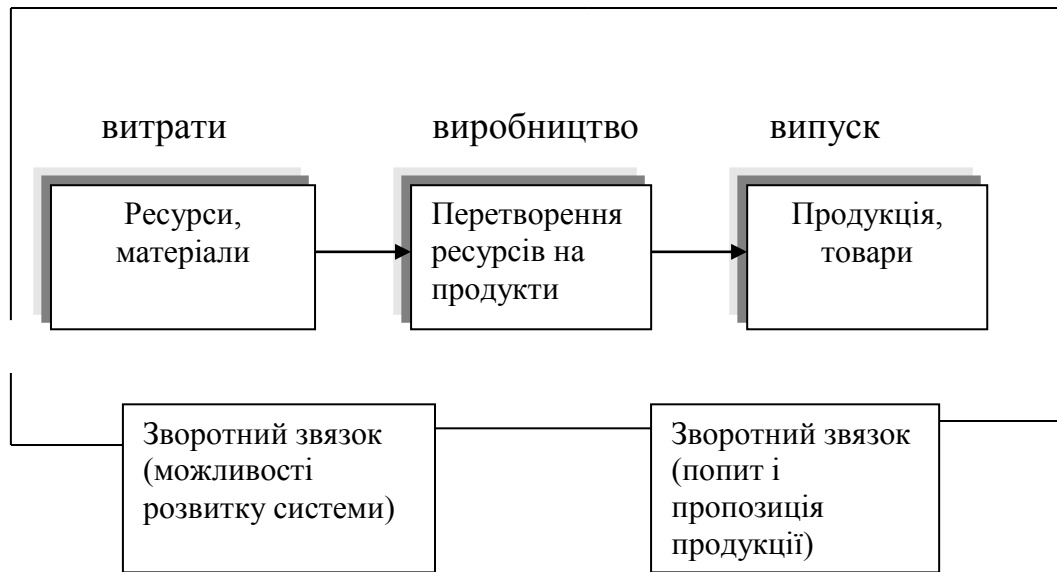


Рис. 1.1. Структура виробничої системи

Виробничим системам притаманні певні принципи, вони характеризуються:

- ціленаправленістю, тобто здатністю створювати відповідну продукцію;

- поліструктурністю, тобто одночасним існуванням у системі підсистем, де кожен елемент одночасно входить в декілька підсистем, функціонує у відповідності з їх вимогами;

- складністю, що зумовлена поліструктурністю, альтернативністю та великою кількістю виробничих процесів;

- результативністю, тобто здатністю отримувати ефект, створюючи необхідну продукцію;

- довговічністю, тобто, здатністю виробничої системи упродовж тривалого часу зберігати результативність.

В загальному вигляді виробничу систему можна розглядати як об'єкт точкового (векторного) n -вимірного простору, розмірність якого n визначається числом характеристик, що описують виробничу систему.

На первинному рівні як виробничу систему можна розглядати підприємство, тобто підприємство працює як система. Доцільно сконцентрувати увагу саме на рівні підприємства з причини, що підприємство є основною ланкою відтворювального процесу, оскільки саме на підприємстві здійснюється виробництво матеріальних благ. В ринковій економіці в якості основного суб'єкта ринкових відносин розглядається фірма, тобто організація, яка володіє й веде виробничу діяльність. Задача фірми полягає в тому, щоби перетворити на "вході" фактори виробництва (затрати), і на "виході" видати продукцію (результат). Між затратами на "вході" і результатом на "виході", а також паралельно до них відбуваються багаточисленні дії, які в єдності описують трансформаційний виробничий процес. Виходячи з прийнятих визначень, надалі в даній роботі будуть ототожнюватися поняття "фірма" і "підприємство", оскільки при розгляді різних сторін реалізації планування та управління виробничим процесом не можна виділити принципової різниці між ними з економічної точки зору.

Найбільш відоме неокласичне порівняння фірми з "темною скринькою", в якій ресурси перетворюються в продукти у відповідності до характеру виробничої функції і зовнішнього середовища, що визначає спосіб максимізації прибутку як цільової функції фірми. В рамках цієї теорії фірма розглядається як цілісний об'єкт, що залучає ресурси у виробництво і перетворює їх у продукти. Фірма характеризується ВФ, яка відображає залежність результатів виробництва від затрачених факторів, структури, розмірів

та співвідношення залучених ресурсів. Параметри ВФ визначаються технологічними процесами по виробництву продукції.

Основним показником ефективності роботи фірми виступає в такій теорії прибуток. Умовою максимізації прибутку є виробництво такого обсягу продукції, при якому досягається рівність граничних витрат ринковій ціні продукту [22-23]. Цієї, теорії, значною мірою, дотримувалися і в умовах командно-адміністративної системи. Для умов монополії, визначалися цілі планування, які стосувалися двох основних напрямків діяльності фірми в неокласичній теорії:

-досягнення таких пропорцій використання основних факторів виробництва в межах ВФ даної фірми, які мінімізують витрати;

-використання впливу зовнішнього середовища, зокрема шляхом аналізу цінової інформації, із метою визначення способу максимізації прибутку як цільової функції фірми.

Оскільки виробнича діяльність фірми не самоціль, а процес, постійно спрямований на задоволення потреб за допомогою благ, що виготовляються, підприємства повинні орієнтуватися на попит. Тому господарювання у них зводиться до максимального задоволення потреб у благах, що виробляються за допомогою наявних обмежених ресурсів. Цей принцип економічності вимагає від підприємств раціонального використання факторів виробництва при виготовленні продукції. Він передбачає два методи, які альтернативно відповідають один одному. Згідно з першим методом, ставиться вимога, щоб з усіх можливих знаходити таке поєднання факторів виробництва, яке забезпечує реалізацію виробничого результату певних видів та кількості з найменшими витратами. Відповідно до другого методу, завдання полягає в тому, щоб за даних затрат факторів виробництва одержати максимальну кількість продукції. У випадках, коли певний обсяг продукції може виготовлятися різними комбінаціями одних і тих же факторів, слід визначити, яка їх комбінація є найбільш прийнятною, тобто актуальною є

задача визначення вартісної оцінки використовуваних факторів виробництва та пов'язаних з ними витрат. У зв'язку з цим виникає задача визначення прийнятних розрахункових цін, що дають змогу розподіляти на підприємстві ресурси з орієнтацією на одержання найбільшого прибутку, тобто формування комбінації мінімальних витрат, що передбачає оптимальні затрати ресурсів на виготовлення певного обсягу продукції. При цьому теорія витрат спирається на теоретичні виробничі з'ясувальні моделі. Крім принципів, залежних від економічної системи, підприємства керуються перспективними цілями, що обумовлені підприємницькою політикою. Комбінування факторів, економічність і дотримання фінансової рівноваги – це принципи, згідно з якими діє будь-який виробничий процес, незалежно від економічної системи. Вони однаково актуальні як для системи ринкової економіки, так і для держав із централізованим управлінням.

Наступні теорії фірми, які ґрунтувалися на розумінні того, що фірма є набагато складніший механізм, ніж “темна скринька“, в якій певним чином проходить перетворення ресурсів у готову продукцію, приділили більше уваги процесам, що відбувалися в середині фірми. Необхідність детального вивчення фірми переконливо сформульована Рональдом Коузом. На його думку, “більша частина виробництва здійснюється фірмами, і ефективність всієї економічної системи в дуже великій мірі залежить від того, що відбувається в середині цих економічних молекул” [25].

Виробничі стратегії тісно пов'язані з управлінськими та технологічними стратегіями [26]. Активна роль технології визначає нове ставлення до елементів виробничої системи. В умовах, коли на зміну виробничій системі приходить маркетингова політика підприємства, досить актуальною є проблема управління технологією й удосконалення виробничої структури. Суть управління технологією полягає в організації діяльності, яка спрямована на забезпечення прийнятої технології вхідними компонентами,

періодичну модернізацію та заміну з метою отримання високих фінансово-економічних результатів підприємства. При цьому технологічна система формує органічну цілісність факторів виробництва і визначає особливості вдосконалення виробничих структур. Такий підхід дозволяє формалізувати залежності структурних змін і результативних показників з використанням основних параметрів функціонування і розвитку технологічних систем. Крім того, цей підхід дає можливість виділення контурів структурних перетворень, які не завжди співпадають з офіційно оформленими підсистемами, а також визначення часткових ефектів від структурної перебудови і їх зв'язку з загальносистемним ефектом. Результативність функціонування технологічної системи є функцією входів (обсяг задіяних у виробництві сировини, матеріалів). Методологічний підхід до процесу зміни структури виробничих систем, що ґрунтується на дослідженні технологічної системи і її ієрархічної структури, дозволяє реалізувати основну вимогу структурно-функціонального аналізу та дозволяє розробити стратегію діяльності підприємства на управлінському рівні. Нові технології визначають приріст виробничих потужностей і збільшення пропозиції на ринку, причому, приріст обсягу виробництва може знизити ціну продукту незалежно від того, наскільки вищою буде додаткова вартість. Перспективний аналіз цих змін ще до вирішення питання про інвестиції полегшує проблему забезпечення необхідними засобами нових, швидко зростаючих сфер бізнесу. Фактори технологічного характеру необхідно розглядати у тісному зв'язку з факторами економічного характеру, бо потенціальні можливості технологічних засобів реалізуються лише при відповідних організаційно-економічних умовах виробництва.

Учення про виробництво поки що не має єдиної чи узагальненої схеми структуризації. Ті критерії функціонального розподілу проблематики, які наводяться в літературі [27-30], не дають змогу цього зробити. Тому до того,

як формулювати завдання управління, що стосуються оптимального здійснення виробничого процесу, слід знати закономірності виробництва й критерії, які дають змогу оцінити переваги одного виробничого процесу над іншим.

1.3 Основні аспекти формування критеріїв оптимальності сучасного виробництва

Виходячи з загальних критеріїв господарювання в умовах ринку, виробничу діяльність оцінюють із точки зору досягнення максимальних фінансових результатів і економічної стабільності [31]. Разом із тим фінансова діяльність, управління фінансовими ресурсами розглядаються через призму оптимізації виробництва, пошуку найвигідніших сфер підприємництва, раціонального маневрування ресурсними потоками [32]. Це досить складна і багатогранна задача, розв'язок якої потребує комплексного підходу і виконання визначених умов, основною з яких, є дотримання принципу оптимальності. Орієнтир на оптимальність об'єктивно закладений у природу економічного розвитку. Класичні моделі прийняття рішень завжди виступають як оптимізаційні, оскільки вони спрямовані на максимізацію корисності чи прибутку. Вони побудовані таким чином, щоб можна було використовувати оптимізаційний алгоритм та отримати оптимальну практичну рекомендацію. Оскільки ці моделі встановлюють кількісний зв'язок між явищами, то при моделюванні майбутнього стану досліджуваного об'єкта можна визначити як рівень досягнення цілі (значення залежної змінної) при досягненні певних значень незалежних змінних, так і піти у зворотному напрямку. Тобто встановити необхідні планові значення незалежних змінних, при яких досягається ціль. Іншими словами,

застосування оптимізаційних моделей дозволяє математично сформулювати цільову функцію, і перетворити аналітичну модель у модель прийняття рішень. Їх недолік полягає у вимушеному спрощенні дійсності, оскільки визначення параметрів моделі повинно бути орієнтовано на забезпечення можливості розробки рішення. Тому отримані рекомендації часто втрачають практичну цінність. Це пояснює, чому економічна практика ставиться до них певною мірою скептично. Однак, оптимізаційні моделі порівняно з інтуїтивними моделями менеджерів мають значні переваги [33]:

- не допускають логічних помилок, так як можуть бути математично перевірені на наявність порушень логіки;
- безкомпромісні і не містять нічого зайвого, зводять проблему до її суті та сприяють відображенню основних взаємозв'язків цілей та засобів.

Наближені до практики рекомендації можна отримати, якщо при побудові моделі прийняття рішення відразу надати більше значення врахуванню істотних структурних елементів фрагмента реальності. За допомогою імітації можуть бути знайдені задовільні рішення складних проблем, що внаслідок різкого збільшення розрахунків потребує застосування електронно-обчислювальної техніки. Розвиток інформаційних технологій дозволяє сьогодні моделювати допустимі управлінські дії, включаючи знаходження оптимальних рішень.

Процес розробки оптимізаційних моделей складається з таких головних етапів:

1. Обґрунтування закономірностей процесів економічного розвитку, які вивчаються.
2. Визначення найважливіших показників, які розраховуються при розробці моделі.
3. Установлення найважливіших взаємозв'язків між показниками.
4. Формування критерію ефективності системи.

5. Побудова системи обмежень.
6. Розробка або вибір методів реалізації.
7. Експериментальна перевірка моделі на основі виконання ретроспективних розрахунків, оцінка точності розрахунків та якості моделей.
8. Економіко-математичний аналіз результатів розрахунків.
9. Визначення області застосування моделі та її місця у виробничому менеджменті.

При побудові оптимізаційної моделі важливою є задача вибору критерію оптимальності й обмежень, враховуючи, як правило, ресурсні можливості фірми. Критерій системи управління ефективністю виробництва є “компасом“, який показує відхилення від поставленої цілі. Вибору критерію ефективності виробництва, що функціонує в умовах ринку, передують роботи по формулюванні вимог до нього:

- критерій, перш за все, повинен бути елементом, органічною частиною підсистеми управління затратами, так як розв’язати проблему управління затратами можна тільки з використанням системного підходу;
- критерій повинен діяти для будь-якої форми власності, будь-якої форми організації господарювання і який відповідав би цілі діяльності довільної структури, рівня, на протязі довільного відрізка часу;
- по своїй архітектурі критерій повинен будуватися як відношення всіх видів затрат, всіх видів виробничих ресурсів до кінцевих результатів виробництва. Тобто, критерій повинен бути відносним, ємкісним;
- критерій повинен бути простим, що легко обчислюється. Всі проміжні дані, необхідні для розрахунку цього критерію повинні бути доступними й зрозумілими;
- основою вибраного критерію повинен бути головний економічний закон росту ефективності виробництва.

Цільову функцію оптимізаційної моделі потрібно побудувати таким чином, щоб вона встановлювала головний критерій оптимізації у відповідності до завдання забезпечення прибутковості. Спеціалістами в області моделювання це питання розв'язується по-різному, в результаті чого аналогічні по призначенню моделі суттєво відрізняються кількістю показників та характером їх взаємозв'язків.

У моделі оптимальної виробничої програми найчастішим є наступні напрямки формулювання цільової функції [27-28, 30,32]:

- максимізація величини прибутку, розрахованої як суми прибутку від реалізації одиниці кожного виду продукції, що може увійти до оптимальної виробничої програми;

- максимізація сумарної величини покриття витрат, розрахованої для виробничої програми.

- максимізація випуску продукції. Застосування такої цільової функції буде орієнтувати підприємство на випуск продукції з максимальними цінами;

- максимізація загальної рентабельності. Рентабельність, як показник, дає уявлення про достатність (недостатність) прибутку порівняно з іншими окремими величинами, які впливають на виробництво і реалізацію, а також на фінансово-господарську діяльність. Найбільший інтерес представляє рентабельність активів, рентабельність продажу, рентабельність власного капіталу. З іншого боку, якщо критерієм оптимальності встановити мінімізацію сукупних витрат, при безперечному досягненні заздалегідь встановленої суми прибутку, одночасно буде забезпечена максимізація рентабельності;

- максимізація продуктивності. Продуктивність – це співвідношення обсягу виготовленої системою продукції й обсягу витрачених ресурсів на випуск даної продукції;

- максимізація завантаження обладнання або завантаження виробничих робітників. В умовах виходу з кризи, коли підприємства протягом довго часу

не досягали максимального рівня завантаження потужності, встановлення такого критерію оптимізації вимагатиме використання додаткових витрат і може прийти у суперечність з установленими обмеженнями по максимальному обсягу виробництва окремих видів товарів;

- мінімізація загальної величини витрат на виготовлення виробничої програми. .

Для забезпечення реальної прибутковості підприємства пропонується зосередити увагу на врахуванні таких груп обмежень:

- обмеження стосовно обсягу наявних матеріальних і прирівняних до них ресурсів. При цьому обмеження формуються на основі встановлених норм витрат і запасів даного виду ресурсу;

- обмеження стосовно обсягу окремих видів товарів, що формуються на підставі аналізу взаємозв'язків підприємства з навколишнім середовищем. Такі обмеження можуть встановлюватися двох типів: обмеження по мінімальному та по максимальному обсягу, тобто стосовно кожного виду товару може бути два обмеження цього типу. До даної групи обмежень можна віднести й обмеження стосовно невід'ємності змінних, оскільки мінімальний обсяг виробництва в таких умовах приймається рівним нулю;

- обмеження по безбитковості всієї виробничої програми. При цьому безбитковість визначається як такий стан, при якому реалізація продукції забезпечує надходження суми коштів, необхідної для довготривалого існування підприємства у вибраній галузі діяльності.

Наведені показники результативності функціонування виробничої системи взаємопов'язані між собою. Це говорить про те, що результативність системи багатогранна. Очевидно, що пріоритети кожного з перелічених показників результативності будуть залежати від багатьох факторів: виду системи; її функцій – маркетингу, виробництва; організаційно-технічного рівня системи тощо. На наш погляд, при визначенні складу та структури

показників, які включаються у оптимізаційні моделі треба виходити з того, що вони повинні відповідати призначенню моделі та потребам економіки в перехідний період. Аналітична форма моделі повинна бути такою, щоб модель адекватно відображала основні закономірності змін та взаємозв'язків між досліджуваними показниками та процесами. Особливо важливе значення мають показники, які виражаються у натуральних одиницях виміру. Це пов'язане з тим, що саме з їх допомогою можна виявити рівень технології виробництва, ступінь її прогресивності щодо сучасних досягнень науки та техніки.

1.4. Виробничі функції як математичні моделі процесу виробництва

1.4.1. Поняття виробничих функцій та огляд результатів їх моделювання

Оскільки будь-яке виробництво здійснюється згідно з технологічними правилами, при вирішенні виробничо-економічних завдань становить інтерес передусім те, які існують кількісні співвідношення між продукцією, що виготовляється, та факторами виробництва і як ці взаємозв'язки описати. Для постановки та аналізу подібних задач теорія виробництва послуговується виробничими моделями, в яких взаємозв'язок між кількістю затрачуваних факторів і обсягом випуску продукції формалізується за допомогою технологій або побудованих на їх основі ВФ. В теорії виробництва виробничі моделі або функції належать до таких систем формулювань, які дають змогу відображати закономірність виробничих процесів.

В основі ВФ лежить кібернетичний принцип відкритої динамічної системи, на вході якої є виробничі ресурси, а на виході обсяг продукції, що є

результатом виробництва. У зв'язку з цим, під ВФ розуміють формалізовану засобами економіко-математичного моделювання залежність між вхідними та вихідними параметрами виробничого процесу.

Наукові уявлення щодо ВФ склалися поетапно. Це поняття вивчали статистики, економісти, математики і, звичайно, воно було не однозначним. Зупинимося на визначеннях, які, на нашу думку, найбільше відповідають поставленим цілям. Так, Г.Тітнер [34] визначає ВФ наступним чином: “Функція виробництва, що показує відношення між кількістю використаних виробничих факторів і кількістю кінцевого продукту при заданій технології”. М.Інтрілігатор доповнює це визначення умовою оптимальності [35]: “ВФ називається відображення будь-якого вектора витрат (точки простору витрат) у єдине невід’ємне дійсне число, а саме максимально можливий випуск”. М.Браун також указує на умову оптимальності і дещо розширює визначення ВФ [36]: “ВФ відображає залежність між максимальним випуском продукції й затратами, які необхідні для її виробництва, а також залежність між самими затратами”. В передмові до книги М.Брауна [36] Г.Пирогов і В.Гребенніков дають наступні означення ВФ: “ВФ установлює закономірний, відносно стійкий кількісний зв'язок між входами й виходами досліджуваного процесу”. І, на кінець, найбільш широко інтерпретує поняття ВФ Л.Л.Терехов [37]: “ВФ є економіко-математична залежність результатів виробничої діяльності від обумовлюваних ці результати показників-факторів”. Умова оптимальності, яка приводиться в деяких визначеннях ВФ впливає з того, що в реальних умовах обсяги ресурсів у кожний момент часу є обмеженими, тому виробництво деякого продукту приводить до необхідності альтернативного використання ресурсів. Поряд з попередніми, можна привести й інші означення ВФ, об’єднавши які, прийдемо до такого: під ВФ надалі ми будемо розуміти однозначне відображення простору витрат X у простір результатів виробництва Y :

$$f : X \mapsto Y. \quad (1.1)$$

Оскільки витрати й результати не можуть бути від'ємними, то в загальному випадку можна вважати, що $X \in \mathbb{R}_+^n$, $Y \in \mathbb{R}_+^m$ (\mathbb{R}_+^l - невід'ємний ортант l -вимірного векторного простору).

Якщо $m=1$, тобто розглядається одновимірний простір результатів виробництва, то відображення (1.1) є функцією

$$y = f(x_1, \dots, x_n). \quad (1.2)$$

ВФ (1.2) є скалярною, а (1.1) - векторною. Якщо однією з компонент простору витрат є час, то відповідна ВФ буде динамічною, інакше статичною. Крім того, ВФ можна розділити на мікро- та макровиробничі функції. Мікрровиробничі функції використовуються для аналізу й прийняття рішень на рівні окремого підприємства (фірми), а макровиробничі – на рівні регіону, народного господарства в цілому.

Зазначимо, що ВФ – це такий особливий клас функцій, які задовольняють специфічним властивостям. Ці властивості відображають основні економічні гіпотези виробництва, які досить повно обґрунтовані в літературі [38-39]. Не зупиняючись на їх конкретизації, все-таки уточнимо ті з них, що є наслідками неокласичних припущень, найбільш часто вживаних при побудові ВФ (1.2).

1. $f(x_1, \dots, x_n) \geq 0$ для всіх $(x_1, \dots, x_n)^T \in X$, (T - операція транспонування).

2. Якщо принаймні одне із значень аргументів є нульовим, а всі ресурси є незамінювальними, то

$$f(x_1, \dots, x_n) = 0.$$

3. Випуск продукції не може зменшуватись при збільшенні затрат ресурсів, тобто функція $y=f(x_1, \dots, x_n)$ є монотонно неспадною по кожному із аргументів:

$$f(x_1, \dots, \bar{x}_i, \dots, x_n) \geq f(x_1, \dots, \underline{x}_i, \dots, x_n),$$

якщо $\bar{x}_i \geq \underline{x}_i$, де $\bar{x}_i, \underline{x}_i$ - деякі значення аргумента x_i .

4. Збільшення затрат деякого ресурсу при незмінних значеннях інших ресурсів приводить до падіння ефективності використання цього ресурсу. Це означає, що функція $y=f(x_1, \dots, x_n)$ є угнутою (опуклою вгору), тобто для довільних $x^{(1)} = (x_1^{(1)}, \dots, x_n^{(1)})^T \in X$, $x^{(2)} = (x_1^{(2)}, \dots, x_n^{(2)})^T \in X$ та числа $\alpha \in [0, 1]$, $f(\alpha x^{(1)} + (1 - \alpha)x^{(2)}) \geq \alpha f(x^{(1)}) + (1 - \alpha)f(x^{(2)})$.

5. Віддача від розширення масштабів виробництва при пропорційній зміні затрат ресурсів характеризується деяким коефіцієнтом зміни випуску. Формалізація такого припущення здійснюється за допомогою функції $y=f(x_1, \dots, x_n)$, яка є однорідною степеня ν , тобто

$$f(tx_1, \dots, tx_n) = t^\nu f(x_1, \dots, x_n), t \geq 0.$$

Ще раз підкреслимо, що перелічені властивості ВФ є наслідками основних економічних гіпотез (угнутості, монотонності, відсутності “рогу достатку”).

У випадку, коли функція (1.2) є двічі неперервно диференційованою, вона називається неокласичною ВФ. Для неокласичних ВФ властивості 3 і 4 часто конкретизуються як 3' і 4':

$$3'. \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} \geq 0, i = 1, \dots, n;$$

4'. матриця Гессе

$H = \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \right)_{i,j=1}^n$ є недодатно визначеною (на практиці часто

вимагають, щоб вона була від'ємно визначеною).

Попутно зазначимо, що застосування неокласичних ВФ дозволяє здійснювати ефективний маржиналістський аналіз. До основних характеристик ВФ відносять: граничну ефективність, еластичність випуску, граничну норму заміщення, степінь однорідності, еластичність заміщення між факторами виробництва.

Варто також зауважити, що є цілий ряд узагальнень (1.2). Наприклад, С.Клему [40] ввів так звані функції НІРФ, які формалізуються як складені функції $y = f_2(f_1)$, де f_1 - лінійно однорідна ($\nu = 1$), а f_2 - монотонна функція.

Виникнення теорії ВФ прийнято відносити до 1928 року [34], коли американські учені економіст П.Дуглас і математик Ч.Кобб зробили спробу емпіричним шляхом визначити залежність величини випуску Y від затрачених капіталу K і праці L . Статистичною базою для побудови такої залежності стала динаміка фізичних обсягів продукції, розмірів основного капіталу й кількості відпрацьованих робітниками обробної промисловості США людиногодин упродовж 1899-1922 років. При цьому були поставлені задачі про визначення класу функцій, що найбільш точно відповідає вибраним характеристикам виробничої діяльності і її числових параметрів, а також порівняння одержаних результатів із фактичними даними. Була отримана функція $Y = 1.01K^{0.25}L^{0.75}$. Значення $A = 1.01$, $\alpha = 0.25$ були знайдені методом найменших квадратів. Порівнюючи значення функції Y із фактичними даними, одержали, що дана залежність добре наближає реальні дані. З неї випливає, що частка праці у збільшенні обсягів виробництва становить 0,75, і 1% зростання її витрат розширює масштаби виробництва утричі більше, ніж 1% приросту капіталу. Свіжі дані для американської

економіки також узгоджуються з ВФ Кобба-Дугласа. Незважаючи на численні зміни в економіці упродовж останніх чотирьох десятиліть, відношення доходу праці до загального доходу у США (1960-2000) усталене і становить приблизно 0,7. Такий розподіл доходу пояснює ВФ, в якій параметр α становить приблизно 0,3 [41-42].

Абстрагування ВФ Кобба-Дугласа від інших факторів, зокрема, від науково-технічного прогресу (що є одним з основних недоліків) намагалися усунути інші західні вчені. Вони розробили більш повну макроекономічну модель участі різних факторів у створенні національного доходу – ВФ, що має вигляд:

$$Y = AK^\alpha L^\beta e^{rt},$$

яка за допомогою фактора e^{rt} відображає вплив технічного прогресу. Спираючись на цю модель, голландський економіст Я.Тінберген досліджував вплив трьох факторів (праці, капіталу й технічного прогресу) на обсяги виробництва в Німеччині, Великобританії, США впродовж 1870-1914 років. При цьому він виходив з оцінок частки праці й капіталу, отриманих Дугласом і Коббом. Згідно з висновками Тінбергена, в Німеччині збільшення витрат праці й капіталу забезпечили 60% зростання національного доходу, 40% технічного прогресу, у Великобританії відповідно 80% і 20%; у США – 73% і 27%. Солоу розрахував показник матеріалізованого технічного прогресу, що відображає зростання нових капіталовкладень, пов'язаних із крупними техніко-технологічними зрушеннями у виробництві. Він дійшов висновку про необхідність врахування кон'юктурних змін ефективного попиту. Денісон обґрунтував показник нематеріалізованого технічного прогресу, який відображає якісні зміни в економіці. До нього він відніс дані про технічний прогрес, пов'язані з підвищенням рівня освіти й кваліфікації робітників, а також підприємництва, організації праці, спеціалізації

виробництва. Останні три фактори, на його думку, забезпечують 12% приросту національного доходу.

Наука про ВФ і їх використання одержала подальший розвиток у роботах таких учених як В.Леонтьєв, Л.Канторович, Р.Солоу та інших [43-44]. Важлива роль у розробці методологічних і прикладних аспектів моделювання таких функцій належить також Г.Клейнеру, М.Плакунову і Р. Раяцкасу [34,38,45,46].

Поняття ВФ широко застосовувалося як для задач планування й прогнозування в окремих галузях, так і на рівні народного господарства. Ці результати привернули увагу як економістів, так і математиків. З цього часу теоретичним та прикладним аспектам побудови ВФ і їх застосуванню була присвячена велика кількість наукових праць.

Робота [47] відноситься до нового циклу досліджень моделей економічної системи, що розвивається. В ній побудований новий клас ВФ, які явно залежать ще від одного параметра – темпу росту випуску продукції. До того ж циклу відноситься і робота [48], в якій запропонована ВФ залежить від кількості використаного галуззю основного капіталу. Очевидно, що такого роду ВФ можна використовувати для опису інфраструктури господарства. Звертаючись до загальної теорії ВФ, відразу ж помітимо, що вона безпосередньо пов'язана із проблемою агрегування мікроопису технологічної структури галузей господарства, що розвивається шляхом переходу від одного режиму збалансованого росту в інший. Така загальна теорія була розглянута в роботах [49], в яких перш за все модель ВФ було узагальнено на випадок, коли розподіл потужностей задано на множині з багатовимірною простору технологічних параметрів. Агрегування продукції в однорідну дало можливість побудувати ВФ як агреговану модель системи технологічно пов'язаних галузей, що випускають декілька видів продукції.

Ініціативу пошуку нових напрямків розвитку теорії виробництва в німецькій літературі вперше зустрічаємо у Гутенберга [50]. Можливості ВФ Гутенберга були розширені Хайменом [51]. При аналізі лімітаційних виробничих відношень для потенціального випуску продукції він додатково розглядає економічні функції споживання і, одночасно, розділяє виробничий процес на простіші комбінації, для яких характерні чіткі зв'язки між технічними й економічними результатами. Проведений Хайменом поділ виробничого процесу на елементарні часткові операції показав зв'язок між традиційною концепцією ВФ і сучасним економічним аналізом системи “затрати – випуск” на рівні підприємства. Важливий крок у побудові такої моделі зробив своїм виробничо-технічним підходом і Клок [52], де він усю виробничу сферу підприємства поділяє на окремі частини. Відношення “затрати-випуск” відображаються матрицею виробничих коефіцієнтів, які можуть використовуватися в різних типах ВФ. Майже одночасно з Гутенбергом і Клоком подібний за змістом підхід був запропонований Піхлером. В цей період в США були розроблені інженерингові ВФ *Engineering Production Function*. В порівнянні з вище переліченими типами ВФ тут менше уваги приділяється прямим економічним зв'язкам між кількістю використовуваних ресурсів і об'ємом продукції, а основна увага приділяється можливості охопити технічні можливості (Ченері, Ферлос) [53].

Суттєвою особливістю реальних виробничих процесів є можливість заміщення одного фактора іншим. Необхідність заміщення факторів впливає з того, що той чи інший ресурс може бути дефіцитним. Для однорідних ВФ уводиться поняття еластичності заміщення, що є важливою їх характеристикою. Для функцій Кобба-Дугласа еластичність заміщення постійна і дорівнює одиниці. Відповідно до характеру поведінки показника еластичності заміщення розрізняють два класи ВФ: *VES (Variable Elasticity of*

Substitution – змінна еластичність заміщення) і *CES* (*Constant Elasticity of Substitution*- постійна еластичність заміщення).

Теорія ВФ із постійною еластичністю заміщення розроблена в роботах Брауна, Солоу, Мінхаса, Ерроу, Ченері [34,36,50-53]. Багатофакторне узагальнення CES дав Х.Удзава [54].

Оцінки еластичності заміщення проводилися за різні періоди часу в проміжку 1960-1980 роки Б.Єршовим, Ю.Яременко й А. Смишляєвим [55], А.Гранбергом, М. Баркаловим та іншими [56-57]. В цілому можна сказати, що така оцінка дуже залежала від конкретної специфікації, але в більшості випадків складала приблизно 0,4. Це взаємозаміщення було значно нижче ніж це передбачається у функції Кобба-Дугласа, в якій еластичність заміщення у апіорі вважається рівною одиниці.

Опуклу комбінацію функцій CES та Кобба-Дугласа називають функцією Сато. Ці функції розглянуті в роботі Клейнера і Сироти [58] а також в роботах Сато [59]. Аналітичні властивості цієї функції очевидні, але одночасне оцінювання її параметрів навіть на часовому інтервалі до 30 років практично досить складне через тісну кореляцію між оцінками, причому виконання властивості угнутості по координатах є проблематичним. Багатофакторні узагальнення цих функцій називають ВФ Солоу. Двохфакторну функцію

$$y=(a_1x_1^{a_3} + a_2x_2^{a_4})^{a_5} \quad (1.3)$$

де x_1, x_2 - незалежні змінні, $a_1 \dots a_5$ - константи, вперше Р.Солоу запропонував використати як ВФ в 1956 р. [60]. Через п'ять років Солоу (разом з Мінхасом, Ерроу, Ченері) економічно обґрунтував використання спрощеного варіанта даної функції [61], як агрегованої моделі виробництва.

Цей вид функцій відомий і широко застосовується під назвою функцій CES (Constant Elasticity of Substitution).

У статті [60], Солоу спробував відділити коливання обсягу продукції, викликані технічними змінними від коливань, що відбуваються в результаті зміни капіталовкладень. Результат технічних змін вимірювався нейтральним зсувом функції Кобба–Дугласа з постійною ефективністю зміни масштабу виробництва. Згідно оцінок, темп автономного технічного прогресу був рівний 1% у першій половині і 2% у другій половині періоду, що розглядався (з 1909 по 1949 роки). Ці розрахунки привели до неймовірних висновків: 87,5% росту валової продукції виявились результатом технічних змін і тільки 12,5% - за рахунок росту ефективності капіталу. Згодом, Солоу усунув найбільш проблематичні припущення у своїй моделі – твердження про недостатні зв'язки між капіталовкладеннями і технічним прогресом. Замість цього він увів припущення, згідно з яким технічний прогрес не може бути ефективним без капіталовкладень. В цьому випадку капітальні блага втілюють весь технічний прогрес, досягнутий до часу їх вкладення, однак згідно з даною теорією після цього подальший технічний прогрес є неможливим. Результатом таких припущень є знову-таки постійна ефективність зміни масштабів виробництва для ВФ Кобба-Дугласа. Застосування узагальненої функції Солоу до американських даних [61] привело до інших результатів, в яких ефективність капіталу відіграє більш суттєву роль у забезпеченні економічного росту.

ВФ Кобба-Дугласа і ВФ із постійною еластичністю заміщення мають одну і ту ж властивість: вони являються однорідними та допускають постійний ефект від зміни масштабів виробництва. Однак по традиції, що походить від Сміта й Рікардо, на протязі довгого часу робились спроби одержати числові оцінки зміни масштабів виробництва. В роботах Брауна й Попкіна, Уолтерса [62], використавши видозміни функції Кобба-Дугласа, де

суми еластичності продукції по відношенню до праці й капіталу можуть перевищувати одиницю, одержані докази того факту, що в деяких індустріальних країнах спостерігається зростаюча ефективність зміни масштабів виробництва. Одержані оцінки показують, що ефективність зміни масштабів виробництва іноді може знаходитись в околі 1,5.

Чехословацькі вчені Л.Стан і Т.Шаколман [63], спираючись на ці результати, спробували узагальнити дані і розвинути теоретичні припущення далі. При побудові своєї ВФ вони виходили з концепції граничної норми заміщення між працею й капіталом. Застосувавши цю ВФ до даних чехословацької економіки 1950-1963 років, вони одержали вагомні результати, які можна пояснити довгостроковим характером капіталовкладень, політики трудових ресурсів у соціалістичних країнах, відсутністю можливості внести корективи, пов'язані з короткостроковими економічними коливаннями, а також недостатністю даних про трудові ресурси.

У [64] пропонується декілька варіантів характеристизації двох - і багатофакторної функцій (1.3) і деякі їх модифікації, дається повний аксіоматичний опис таких функцій. У [65] вводиться нова характеристика багатофакторних ВФ, двоїста у певному розумінні до парної еластичності заміщення факторів – так звана еластичність пропорційного росту, що є еластичністю граничної норми заміщення факторів по масштабу виробництва. Показується, що клас таких ВФ достатньо широкий і, частково, він містить клас функцій Кобба-Дугласа, хоча не включає (крім вироджених варіантів) функцій Солоу й Мукерджи. Г.Клейнером і Д.Піотковським у [66] дано повний опис таких функцій, залежних від трьох факторів, а також деякі достатні умови для випадку довільного числа факторів і класифікація квазісепарабельних функцій з цими умовами. Клас таких функцій позначають через $CEMRS_j$ (*constant elasticities of marginal rate of substitution*),

де $j \in \{1, n\}$ - множина номерів факторів. Цими ж авторами розглянуті гомотетичні та сплайнові ВФ.

В останні роки в Україні в цьому напрямку працюють колективи вчених провідних науково дослідних інститутів. Серед українських вчених слід відзначити, зокрема роботи І.М. Ляшенка, М.В. Михалевича, В.С.Григорківа й інших [67-72].

1.4.2. Теоретичні та методичні засади методів побудови виробничих функцій

Незважаючи на сьогоднішні досягнення в моделюванні ВФ, які добре відомі фахівцям, є всі підстави стверджувати, що проблема побудови ВФ залишається актуальною і принципово нерозв'язаною в плані існування єдиної методології. Скоріше всього, що єдиної методології тут і не може бути, оскільки поняття ВФ є досить загальним за змістом та широким за сферою реалізації. З огляду на це легко пояснити наявність різних підходів та методологій при моделюванні функцій. Основними при побудові ВФ є два підходи: статистичний (економетричний) та структурний (наприклад, оптимізаційний). Очевидно, ці підходи відповідають двом типам моделей економічних об'єктів – функціональним та структурним.

Основна ідея функціональних моделей – пізнання сутності об'єкта через найважливіші прояви цієї сутності: діяльність, функціонування, поведінку. Внутрішня структура об'єкта при цьому не вивчається. Функціональна модель, наприклад, (1.1) описує поведінку об'єкта так, що, задаючи значення “входу” X , можна отримати значення “виходу” Y (без участі інформації про параметри). Побудувати функціональну модель – означає знайти оператор f , який пов'язує X та Y . До функціональних моделей

належать економетричні моделі. Вони кількісно описують зв'язок між вхідними показниками економічної системи X та результативними показниками Y . Ці моделі є системою регресивних рівнянь і тотожностей, кожне з яких використовується для визначення одного з показників, які досліджуються. В більш вузькому розумінні економетричними моделями вважаються системи рівнянь які враховують імовірнісний характер економічних процесів. Тому рівняння економетричної моделі мають також і випадкові змінні, і її параметри визначаються статистично на основі часових рядів або інших, наприклад, вибіркового даних [2,73].

Статистичний підхід ґрунтується на математичній обробці спостережень над різними співвідношеннями затрат ресурсів і випусків продукції за допомогою методів регресійного та кореляційного аналізу. Тому при побудові економетричних моделей виникає необхідність у попередньому змістовному аналізі взаємозв'язків показників. Потреба в такому аналізі зумовлена тим, що методи математичної статистики, які застосовуються при побудові рівнянь, лояльні по відношенню до економічного змісту цих показників. Випадкові зв'язки між змінними часто приводять до неправильної кореляції, особливо при роботі з часовими рядами. Коефіцієнт кореляції у рівняннях, побудованих на основі часових рядів, практично незв'язних показників, може бути близьким до одиниці. Таким чином, статистичні методи аналізу часто приводять до формальних результатів і не дозволяють встановлювати принципові взаємозв'язки показників, а високий коефіцієнт кореляції створює видимість тісних зв'язків. Варто також відзначити, що побудова регресійних рівнянь пов'язана з такими обмеженнями: збурення повинні бути розподілені за нормальним законом, мати постійну дисперсію; фактори повинні бути вільними від суттєвої колінеарності; довжина рядів даних (вхідних вибірок) повинна бути більшою за число факторів, до того ж ряди даних повинні формуватися за великий (10-

15 років) проміжок часу; фактори повинні бути детермінованими, припускається, що вхідні дані є достовірними та інше [73]. Таким чином, апіорно передбачається, що кожне регресійне рівняння ідентифіковане, лінійна регресійна модель коректно специфікована, а матриця даних містить повну інформацію для оцінки параметрів.

Основними математичними методами, які застосовуються при конструюванні моделей стабільних економік можна вважати економетричні методи зі всіма притаманними їм недоліками. Проблема побудови ВФ тут традиційно зводиться до проблеми ідентифікації невідомих параметрів вибраної аналітичної конструкції як моделі. Оскільки кількісний зв'язок між затратами та результатом виробничого процесу, як правило, задається деякою статистичною інформацією, то в класичному варіанті ВФ може бути побудована за допомогою економетричних методів, як і довільна інша регресійна модель. Зокрема, таким шляхом здійснюється побудова широковідомих ВФ Кобба-Дугласа, лінійної, із постійною еластичністю заміщення (*CES*-функції), із змінною еластичністю заміщення (*VES*- функції), Сато та інших неокласичних ВФ. В певному розумінні, статистичний підхід є досить універсальним. З його допомогою можна будувати не тільки неокласичні, але й інші типи ВФ [74]. Що стосується доцільності використання статистичного підходу при моделюванні таких функцій, то найбільш прийнятними умовами його використання, очевидно, є можливість проведення та повторення виробничих експериментів, а також наявність статистичної інформації в достатньо великому обсязі. Зрозуміло, що такі умови виконуються не завжди. При цьому слід зауважити, що така побудова пов'язана з багатьма складностями інформаційного, математичного та алгоритмічного забезпечення. Досить тільки зазначити, що в загальному випадку тут ми маємо справу із задачами умовної апроксимації. Якщо апіорні властивості ВФ (наприклад, неокласичні властивості) закладені в

наперед задану багатопараметричну аналітичну залежність між затратами ресурсів та випуском продукції, то задача їх побудови зводиться до задачі ідентифікації невідомих параметрів. Рівень складності останньої задачі залежить від складності тієї аналітичної конструкції, яка пропонується як модель ВФ. Означені обмеження, які ще можна допустити при описі процесів у стабільних економіках, для економіки, що розвивається цілком неприйнятні, оскільки не відповідають об'єктивним умовам її функціонування й дослідження. А саме: дефіциту знань про структуру й поведінку економіки, динаміку процесів, що в ній відбувається, відсутності або неповноті необхідних вхідних даних для моделювання; об'єктивної неможливості використання вибірок вхідних даних великої розмірності внаслідок короткого часу функціонування економічних процесів тощо. Крім того, існуюче традиційне, як правило, неоптимальне використання ресурсів тут закладається у математичну модель ВФ. Насправді, у багатьох випадках нас цікавить відображення граничних (оптимальних) можливостей виробництва. Проблематичним є також застосування ВФ, побудованих на основі статистичного підходу, у прогнозних розрахунках, оскільки статистична інформація, як правило, має ретроспективний характер. Однак, незважаючи на цілий ряд недоліків, його використання може бути обґрунтовано тільки у випадку, коли йдеться про функціональні моделі економічних об'єктів.

В даному дослідженні головна увага приділяється побудові структурних моделей, які широко застосовуються для аналізу закономірностей економічного розвитку. Для структурного типу моделей економічних об'єктів характерним є структурний, (оптимізаційний) підхід.

Оптимізаційне мислення і оптимізаційні розрахунки належать до тих явищ і подій у розвитку науки, які давали і дають рішучі імпульси подальшому розвитку окремих наук і їх ефективній взаємодії. Той факт, що

ця математична теорія стала розвиватися в зв'язку з розв'язуванням економічних задач не є випадковістю, а виражає тісний зв'язок оптимізаційного мислення із ситуаціями прийняття економічних рішень. Оптимізаційний підхід при вивченні граничних (оптимальних) можливостей технологічних процесів виробництва принципово впливає з оптимізаційного характеру економічних задач у цілому[75-77], особливість яких полягає в тому, що:

1. економічні задачі, як правило, є задачами вибору, тобто екстремальними задачами;
2. кращий економічний чи виробничо-технологічний варіант практично завжди вибирається в умовах обмеженості ресурсів;
3. функціонування економіки на рівні окремого підприємства, регіону чи держави в цілому оцінюється в залежності від визначеного критерію.

На відміну від дескриптивних, тобто описових моделей (наприклад, балансових моделей), оптимізаційні моделі поряд із рівняннями чи нерівностями, що описують взаємозв'язки між невідомими, містять також критерій вибору, що називається цільовою функцією. Таким чином, загальна структура цих моделей складається з цільової функції, що приймає значення в межах допустимої області задачі (області допустимих розв'язків) і обмежень, що характеризують ці умови.

Отже, математична формалізація задач оцінювання й вибору оптимальних технологій, очевидно, приводить нас до задачі математичного програмування, оптимального управління та ін. Клас реальних задач і їх математичних моделей є досить широким, тому нижче зупинимось на результатах, отриманих в цьому напрямку і, які стосуються побудови ВФ як функцій вибору оптимальних технологій.

При оптимізаційному підході ВФ моделюють як деяке узагальнення розв'язків оптимізаційної моделі при змінних затратах ресурсів.

Якщо $r = (r_1, r_2, \dots, r_m)^T \in \mathbb{R}_+^m$ – вектор ресурсів, необхідних для функціонування виробничого процесу V , а $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in \mathbb{R}_+^n$ – вектор продуктів, що випускаються за допомогою даного виробничого процесу, то в найбільш загальному вигляді залежність між витратами ресурсів та випуском продукції можна задати у вигляді деякого багатозначного відображення $V: \mathbb{R}_+^m \rightarrow 2^{\mathbb{R}_+^n}$, яке ставить у відповідність довільному вектору ресурсів $r \in \mathbb{R}_+^m$ деяку підмножину продуктів $V(r) \subseteq \mathbb{R}_+^n$. Багатозначне технологічне відображення $V(r)$ у даному випадку моделює залежність всіх можливих варіантів вектора випуску x від визначеного вектора ресурсів r . Визначення ВФ відрізняється від визначення технологічного відображення вимогами однозначності та ефективності. Інакше кажучи, якщо V – деякий виробничий процес, то як уже було сказано раніше, ВФ $F(r) = (F_1(r), F_2(r), \dots, F_n(r))^T$ будемо називати однозначне відображення простору ресурсних витрат у простір продуктів, що моделює найбільш ефективний випуск продукції при функціонуванні процесу V .

Визначена у такий спосіб ВФ є векторною і відповідає багатофакторному виробництву, результатом якого є скінченна кількість видів продукції. Наведені вище міркування дозволяють впритул наблизитися до реалізації головної мети дослідження – побудови ВФ оптимальних випусків у явній аналітичній формі. Побудова таких моделей допомагає привести складні, а часом і невизначені фактори, пов'язані з проблемою прийняття рішень, в логічно струнку схему, необхідну для детального аналізу, що дозволяє виявити альтернативи розв'язання задачі і дати оцінку результатам, до яких вони приводять, а також визначити, які дані необхідні для оцінки наявних альтернатив. В підсумку це дозволяє отримати обґрунтовані висновки.

Висновки до розділу 1

1. В умовах сучасної ринкової економіки особливого значення набуває проблема раціонального використання природних, людських та технологічних ресурсів із метою підвищення ефективності виробництва і його результатів. Усвідомлення обмеженості та реальної цінності виробничо-технологічних ресурсів (факторів) призвело до формування нових критеріїв оптимальності виробничої системи, її функціонування та визначальної ролі у розвитку економіки взагалі.

Це в свою чергу сформулювало нові завдання перед економічною наукою в плані розробки та застосування методологічного і методичного інструментарію для дослідження і прогнозування виробничо-технологічних процесів та прийняття відповідних економічних рішень по їх удосконаленню.

2. Методологічною базою дослідження виробничо-технологічних процесів є економіко-математичне моделювання. Центральне місце тут належить моделям ВФ, які в математичній формі формалізують залежність результатів виробництва від їх факторів. Незважаючи на зовнішню абстрактність, ВФ є не тільки залежностями між вхідними та вихідними параметрами виробничої системи, але й у багатьох випадках відображають структуру системи та відповідну їй технологію виробництва. У зв'язку з цим моделювання таких ВФ належить до актуальних наукових задач.

РОЗДІЛ 2

ВИРОБНИЧІ ФУНКЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ВИПУСКІВ

2.1. Структурні оптимізаційні моделі виробничих функцій

Надалі мова йтиме лише про оптимізаційний підхід [67-72,78-85] до моделювання ВФ, коли під ВФ будемо розуміти функцію оптимальних (максимальних або мінімальних) значень задачі математичного програмування, якою власне і формалізується велика кількість задач виробничого менеджменту.

Отже, розглянемо класичну модель оптимальної організації виробництва, яку запишемо у вигляді задачі лінійного програмування

$$\begin{cases} \langle c, x \rangle \mapsto \max, \\ x \in X_1(R), \end{cases} \quad (2.1)$$

де

$$X_1(R) = \{x \in \mathbb{R}_+^n / Ax \leq R\};$$

$x, c \in \mathbb{R}_+^n$ є відповідно векторами випуску продукції та їх оцінок (наприклад, цін);

$R \in \mathbb{R}_+^m$ – вектор максимально допустимих виробничих ресурсів (факторів), які можуть бути задіяні у виробництві;

$A = (a_{ij})_{i,j=1}^{m,n}$ – технологічна матриця, кожний елемент якої конкретизує питомі затрати продукції i на виготовлення одиниці продукції j ;

$$\langle c, x \rangle = \sum_{j=1}^n c_j x_j - \text{скалярний добуток, яким визначається сумарна оцінка}$$

(наприклад, дохід) випущеної продукції.

Зміст моделі (2.1) є очевидним і полягає у максимізації сумарного випуску продукції (у певному розумінні) при наявності апріорі заданих виробничо-технологічних обмежень та питомих оцінок результатів виробництва.

Величину $\langle c, x \rangle$ у багатьох випадках зручно трактувати як деякий агрегований кінцевий продукт і вивчати його залежність від факторів виробництва.

Справді, подивимось на модель (2.1), яка в математичному плані є задачею лінійного програмування, як на відображення, яке кожному набору допустимих ресурсів $R \in \mathbb{R}_+^m$ ставить у відповідність скалярну оцінку $\langle c, x \rangle$ результатів виробничої діяльності. Тоді стає зрозумілим, що у випадку, коли компоненти вектора R є параметрами, модель (2.1) неявно задає функцію

$$F_1^{(\max)} : \mathbb{R}_+^m \mapsto \mathbb{R}, \quad (2.2)$$

яка кожному набору $R \in \mathbb{R}_+^m$ ставить у відповідність значення $\langle c, x^*(R) \rangle$, де $x^*(R)$ – розв’язок задачі (2.1) при заданому R . Очевидно, функція (2.2) є ВФ, визначеною у області

$$O_1 = \{R \in \mathbb{R}_+^m / X_1(R) \neq \emptyset\}.$$

Природно також назвати цю функцію виробничою функцією максимального випуску (ВФМКВ), причому заданою структурно.

У задачах виробничого менеджменту актуальною також є модель оптимальної організації виробництва вигляду

$$\begin{cases} \langle c, x \rangle \mapsto \min, \\ x \in X_2(r), \end{cases} \quad (2.3)$$

де $X_2(r) = \{x \in \mathbb{R}_+^n / Ax \geq r\}$, $r \in \mathbb{R}_+^m$ – вектор мінімально допустимих обсягів виробничих ресурсів, а вектори x, c і матриця A визначені раніше.

Аналогічно до вище описаної моделі моделі (2.1) модель (2.3) є структурною оптимізаційною моделлю ВФ

$$F_2^{(\min)} : \mathbb{R}_+^m \mapsto \mathbb{R}, \quad (2.4)$$

яка кожному допустимому набору ресурсів r ставить у відповідність значення кінцевого результату виробництва $\langle c, x^*(r) \rangle$, де $x^*(r)$ – розв’язок задачі (2.3) при заданому r . Виробнича функція мінімального випуску ВФМНВ (2.4) визначена у області

$$O_2 = \{r \in \mathbb{R}_+^m / X_2(r) \neq \emptyset\}.$$

Відзначимо, що крім функцій (2.2) і (2.4) важливе значення у економіко-математичному моделюванні мають їх різноманітні узагальнення, зокрема, структурні оптимізаційні моделі ВФ, які описуються нелінійними задачами математичного програмування

$$\begin{cases} f(x) \mapsto \max, \\ x \in \bar{X}_1(R). \end{cases} \quad (2.5)$$

та

$$\begin{cases} f(x) \mapsto \min, \\ x \in \bar{X}_2(r), \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\text{де } \bar{X}_1(R) = \{x \in \mathbb{R}_+^n / g(x) \leq R\}, \quad \bar{X}_2(r) = \{x \in \mathbb{R}_+^n / g(x) \geq r\},$$

$f(x)$ – скалярна нелінійна оцінка результату виробництва,

$g(x)$ – технологічна вектор-функція.

У випадку, коли (2.5) і (2.6) є задачами опуклого програмування [86], тобто в деякому розумінні найближчими до (2.1) і (2.3), ВФ, які неявно задані за допомогою (2.5) і (2.6), можна апроксимувати ВФ типу (2.2) і (2.4) [69-70].

Отже, найпершою проблемою є проблема детального дослідження ВФ (2.2) і (2.4).

ВФМКВ (2.2) і ВФМНВ (2.4) є функціями не класичного типу. В зв'язку з цим потрібно перш за все з'ясувати їх властивості, зокрема, уточнити, що є спільного між цими ВФ та неокласичними ВФ, а також їх відмінність. Крім того, вивчити питання про розробку методик побудови ВФМКВ і ВФМНВ у

явному аналітичному вигляді та конкретизувати сферу і можливості їх застосування. Успішне розв'язання цих питань фактично створює нові підходи у моделюванні ВФ.

2.2. Властивості виробничих функцій максимального та мінімального випусків

Уведені у попередньому пункті ВФМКВ і ВФМНВ задовольняють основним властивостям, що відображають економічні закономірності виробничого процесу та можливості відповідних технологій. Використовуючи результати теорії лінійного програмування [87-88], з'ясуємо спочатку властивості ВФМКВ.

1. *Властивість відсутності “рогу достатку”.* При відсутності хоча б одного ресурсу виробництво не функціонує.

Цей очевидний факт впливає з означення функції (2.2).

2. *Властивість угнутості.* $F_1^{(\max)}(R)$ - угнута (опукла вгору) функція.

Ця властивість відображає економічний закон спадаючої віддачі (спадаючої доходності). Доведемо її. Візьмемо довільні $R^{(1)}, R^{(2)} \in O_1$ та $\alpha, \beta \in [0,1], \alpha + \beta = 1$.

Позначимо через $x^{(1)*} = x^*(R^{(1)})$ – розв'язок задачі (2.1) при $R = R^{(1)}$, а через $x^{(2)*} = x^*(R^{(2)})$ – розв'язок задачі (2.1) при $R = R^{(2)}$. Очевидно, що $\alpha R^{(1)} + \beta R^{(2)} \in O_1$, оскільки $A(\alpha x^{(1)*} + \beta x^{(2)*}) \leq \alpha R^{(1)} + \beta R^{(2)}$. Отже, точка $(\alpha x^{(1)*} + \beta x^{(2)*})$ є допустимою для задачі (2.1), тобто

$$(\alpha x^{(1)*} + \beta x^{(2)*}) \in X_1(\alpha R^{(1)} + \beta R^{(2)}).$$

З урахуванням цього

$$\begin{aligned}
F_1^{(\max)}(\overline{R}) &= F_1^{(\max)}(\alpha R^{(1)} + \beta R^{(2)}) = \\
&= \langle c, x^*(\alpha R^{(1)} + \beta R^{(2)}) \rangle \geq \langle c, \alpha x^{(1)*} + \beta x^{(2)*} \rangle = \alpha \langle c, x^{(1)*} \rangle + \beta \langle c, x^{(2)*} \rangle = \\
&= \alpha F_1^{(\max)}(R^{(1)}) + \beta F_1^{(\max)}(R^{(2)}),
\end{aligned}$$

що і потрібно було встановити.

3. *Властивість монотонності.* Функція $F_1^{(\max)}(R)$ – монотонно знеспадна по кожному із аргументів $R_i, (i = \overline{1, m})$.

Справді, нехай, $R^{(1)}, R^{(2)} \in O_1$, причому $R^{(2)} > R^{(1)}$. Якщо $R^{(2)} \geq R^{(1)}$, то із нерівності $Ax \leq R^{(1)}$ випливає нерівність $Ax \leq R^{(2)}$. Це означає, що $X_1(R^{(1)}) \subset X_1(R^{(2)})$, тому $F_1^{(\max)}(R^{(2)}) \geq F_1^{(\max)}(R^{(1)})$.

4. *Властивість лінійної однорідності.* Функція $F_1^{(\max)}(R)$ є додатно однорідною функцією першого степеня, тобто $F_1^{(\max)}(\nu R) = \nu F_1^{(\max)}(R)$, ($\nu \in \mathbb{R}_+^1$).

При $\nu \geq 0$ і $R \in O_1$ функція $F_1^{(\max)}(\nu R)$ є максимальним значенням цільової функції задачі лінійного програмування

$$\langle c, x \rangle \mapsto \max, \quad x \in X_1(\nu R), \quad (2.7)$$

де $X_1(\nu R) = \{(\nu R) \in \mathbb{R}_+^m \mid Ax \leq \nu R\}$. Оскільки $Ax/\nu \leq R$, то ввівши заміну $y = x/\nu$ ($x = \nu y$), задачу (2.7) перепишемо в еквівалентній формі

$$\nu \langle c, y \rangle \mapsto \max, \quad y \in Y_1(R), \quad (2.8)$$

де $Y_1(R) = \{R \in \mathbb{R}_+^m \mid Ay \leq R\}$. Порівнявши (2.8) та (2.1), отримаємо

$$F_1^{(\max)}(vR) = v \langle c, y^*(R) \rangle = v \langle c, x(R) \rangle = v F_1^{(\max)}(R),$$

в чому власне і необхідно було переконатись.

5. *Властивість неперервності.* Функція $F_1^{(\max)}(R)$ є неперервною у всіх внутрішніх точках області O_1 .

Дане твердження є очевидним наслідком властивості 2, оскільки з теорії опуклого аналізу відомо, що довільна угнута функція є неперервною у всіх внутрішніх точках області визначення.

6. *Властивість кусково-лінійності.* Функція $F_1^{(\max)}(R)$ є в загальному випадку кусково-лінійною в області O_1 .

Це твердження випливає з [88]. Зауважимо тільки, що диференціальні властивості функції $F_1^{(\max)}(R)$ суттєво залежать від структури розв'язків двоїстої до (2.1) задачі лінійного програмування.

Таким чином, нами доведено наступне твердження.

Твердження 2.1. *ВФМКВ у області O_1 є угнутою, неперервною у всіх внутрішніх точках, неспадною по компонентам вектора R , додатно однорідною першого степеня і в загальному випадку кусково-лінійною.*

Властивості 1)-5) збігаються з властивостями неокласичних ВФ. Властивість 6) суттєво відрізняє функцію $F_1^{(\max)}(R)$ від неокласичних ВФ. Ця властивість стверджує, що концепція гладкості не є обов'язковою. Очевидно, що клас ВФМКВ є ширшим від класу неокласичних виробничих функцій.

Тепер зупинимось коротко на ВФМНВ (2.4). Її властивості можна довести аналогічно до властивостей функції (2.2). Наслідком цього доведення буде наступне твердження.

Твердження 2.2. *ВФМНВ $F_2^{(\min)}$ у області O_2 є опуклою, неперервною у всіх внутрішніх точках, монотонно неспадною по компонентам вектора r ,*

додатно однорідною першого степеня та в загальному випадку кусково-лінійною.

2.3. Методика побудови виробничих функцій оптимальних випусків у явному аналітичному вигляді

Перелічені властивості уведених ВФ адекватно відображають основні концептуальні закономірності виробничого процесу типу “затрати-випуск”. Зокрема, властивість б) виконується не тільки для моделі виробництва, але й для багатьох інших реальних виробничих процесів, тому проблема зображення ВФ у явній аналітичній формі є актуальною задачею економіко-математичного моделювання.

Побудова функції $F_1^{(\max)}(R)$ у явному аналітичному вигляді базується на використанні результатів теорії двоїстості для задач лінійного програмування. Двоїстою до (2.1) буде задача

$$\begin{cases} \langle R, \lambda^{(R)} \rangle \mapsto \min, \\ \lambda^{(R)} \in \Lambda_1^{(\max)}, \end{cases} \quad (2.9)$$

де $\Lambda_1^{(\max)} = \{ \lambda^{(R)} \in \mathbb{R}_+^m \mid A^T \lambda^{(R)} \geq c \}$.

Оскільки допустима множина $\Lambda_1^{(\max)}$ двоїстої задачі (2.9) не залежить від вектора параметрів R , то при побудові функції $F_1^{(\max)}(R)$ за основу потрібно взяти задачу (2.9). Для побудови функції $F_1^{(\max)}(R)$ необхідно визначити всі вершини множини $\Lambda_1^{(\max)}$. Остання задача зводиться до задачі знаходження опорних розв’язків системи алгебраїчних рівнянь

$$A^T \lambda - \mu = c, \quad (2.10)$$

де $\mu = (\lambda_{m+1}, \dots, \lambda_{m+n})^T$ – допоміжний невід’ємний n -вимірний вектор (у випадку, коли матриця A не має жодного базисного стовпця). Опорні розв’язки системи (2.10) можна знайти методом Жордана-Гаусса, в якому головний елемент вибирається за допомогою симплексних перетворень.

Якщо $\{\lambda^{(R,1)}, \dots, \lambda^{(R,k)}\}$ – множина всіх вершин множини $\Lambda_1^{(\max)}$, які можуть бути оптимальними для задачі (2.9), то гіперповерхня $F_1^{(\max)}(R)$ в області O_1 , k має ланок лінійності $O_1^{(l)}$ ($l = \overline{1, k}$), $\bigcup_{l=1}^k O_1^{(l)} = O_1$, кожна з яких однозначно визначається конкретною вершиною множини $\Lambda_1^{(\max)}$.

Це означає, що функція $F_1^{(\max)}(R)$ має вигляд:

$$F_1^{(\max)}(R) = \begin{cases} \langle R, \lambda^{(R,1)} \rangle, & R \in O_1^{(1)}, \\ \langle R, \lambda^{(R,2)} \rangle, & R \in O_1^{(2)}, \\ \dots\dots\dots \\ \langle R, \lambda^{(R,k)} \rangle, & R \in O_1^{(k)}. \end{cases} \quad (2.11)$$

Зазначимо, що кожна з множин $O_1^{(l)}$ ($l = \overline{1, k}$) визначається рівністю

$$O_1^{(l)} = \bigcap_{j \in J} \{ \sigma_j^{(l)}(R) \leq 0 \},$$

де J множина індексів небазисних вектор-стовпців симплекс-таблиці, зв’язаної з вершиною $\lambda^{(R,l)}$, а $\sigma_j^{(l)}(R)$ – відповідна симплекс-різниця.

Розглянемо процес побудови функції $F_1^{\max}(R)$ на конкретних прикладах.

Приклад 2.1. Нехай для моделі (2.1)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}, \quad c = (c_1, c_2)^T = (2, 1). \quad R = (R_1, R_2)^T.$$

Тоді функція $F_1^{\max}(R)$, записана у формі (2.11), конкретизується так:

$$F_1^{\max}(R) \equiv F_1^{\max}(R_1, R_2) = \begin{cases} 2R_1, & R_2 \geq 2R_1, \\ R_2, & R_2 \leq 2R_1. \end{cases} \quad (2.12)$$

Приклад 2.2. Припустимо що

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad c = (2 \ 3)^T, \quad R = (R_1, R_2, R_3)^T.$$

Система (2.10) у цьому випадку має п'ять вершин $\lambda^{(R,1)} = (1, 0, 1)$, $\lambda^{(R,2)} = (7/5, 1/5, 0)$, $\lambda^{(R,3)} = (2, 0, 0)$, $\lambda^{(R,4)} = (0, 0, 3)$, $\lambda^{(R,5)} = (0, 3, 0)$, тому згідно з формулою (2.11)

$$F_1^{(\max)} = \begin{cases} 3R_3, & R_3 \leq R_1/2; R_3 \leq R_2, \\ 3R_2, & R_2 \leq R_3, R_2 \leq R_1/2, \\ R_1 + R_3, & R_3 \leq (2R_1 + R_2)/5; R_1/2 \leq R_3 \leq R_1, \\ (7R_1 + R_2)/5, & R_3 \geq (2R_1 + R_2)/5; R_1/2 \leq R_2 \leq 3R_1, \\ 2R_1, & R_3 \geq R_1, R_2 \geq 3R_1. \end{cases}$$

Використовуючи ті ж міркування до моделі (2.3), можна як і у випадку ВФМКВ, запропонувати алгоритм побудови ВФМНВ. Оскільки, допустима многогранна множина задачі (2.3) не залежить від параметра r , то побудова функції $F_2^{(\min)}(r)$ реалізується за допомогою (2.3) з урахуванням відомих тверджень двоїстості. При цьому двоїстою до (2.3) є задача

$$\begin{cases} \langle r, \lambda^{(r)} \rangle \mapsto \max, \\ \lambda^{(r)} \in \Lambda_2^{(\min)}, \end{cases} \quad (2.13)$$

де $\Lambda_2^{(\min)} = \{ \lambda^{(r)} \in \mathbb{R}_+^m / A^T \lambda^{(r)} \leq c \}$.

Враховуючи той факт, що

$$\langle c, x^*(r) \rangle = \langle r, \lambda^{(r)*} \rangle,$$

де $\lambda^{(r)*}$ – розв'язок задачі (2.13), побудова функції $F_2^{(\min)}(r)$ зводиться до знаходження опорних розв'язків лінійних алгебраїчних рівнянь

$$A^T \lambda + \mu = c, \quad (2.14)$$

де $\mu = (\lambda_{m+1}^{(r)}, \dots, \lambda_{m+n}^{(r)})^T$ – допоміжний невід’ємний n -вимірний вектор.

Знайшовши опорні розв’язки (2.14), випишемо функцію

$$F_2^{(\min)}(r) = \begin{cases} \langle r, \lambda^{(r,1)} \rangle, & r \in O_2^{(1)}, \\ \langle r, \lambda^{(r,2)} \rangle, & r \in O_2^{(2)}, \\ \dots\dots\dots \\ \langle r, \lambda^{(r,k)} \rangle, & r \in O_2^{(k)}. \end{cases} \quad (2.15)$$

де $\bigcup_{l=1}^k O_2^{(l)} = O_2$, причому кожна з множин $O_2^{(l)}$ формалізується

співвідношенням

$$O_2^{(l)} = \bigcap_{j \in J} \{ \sigma_j^{(l)}(r) \geq 0 \}$$

(тут J множина індексів небазисних вектор-стовпців симплекс-таблиці, зв’язаної з вершиною $\lambda^{(r,l)}$, а $\sigma_j^{(l)}(r)$, як і раніше, - відповідна симплекс-різниця).

Приклад 2.3. Нехай A та c узяті з прикладу 2.1. Тоді згідно з (2.15)

$$F_2^{(\min)}(r) \equiv F_2^{(\min)}(r_1, r_2) = \begin{cases} r_1, & r_2 \leq 3r_1, \\ \frac{1}{3}r_2, & r_2 \geq 3r_1. \end{cases} \quad (2.16)$$

Зазначимо також, що у випадку ВФ двох змінних

$$F_1^{(\max)}(R_1, R_2) = F_1^{(\max)}(R_2 \cdot R_1 / R_2, R_2 \cdot 1) = R_2 F_1^{(\max)}(R_1 / R_2, 1),$$

$$F_2^{(\min)}(r_1, r_2) = F_2^{(\min)}(r_2 \cdot r_1 / r_2, r_2 \cdot 1) = r_2 F_2^{(\min)}(r_1 / r_2, 1),$$

тому, позначивши $p = F_1^{(\max)} / R_2$, $\xi = R_1 / R_2$, $d = F_2^{(\min)} / r_2$, $\eta = r_1 / r_2$, від функцій (2.12) та (2.16) перейдемо відповідно до функцій однієї змінної

$$p = F_1^{(\max)}(\xi, 1) = g(\xi), \quad d = F_2^{(\min)}(\eta, 1) = \varphi(\eta),$$

де

$$g(\xi) = \begin{cases} 2\xi, & \xi \leq \frac{1}{2}, \\ 1, & \xi \geq \frac{1}{2}, \end{cases} \quad \varphi(\eta) = \begin{cases} \eta, & \eta \geq \frac{1}{3}, \\ \frac{1}{3}, & \eta \leq \frac{1}{3}. \end{cases}$$

Функція $p = g(\xi)$ є прикладом однофакторної ВФМКВ, а функція $d = \varphi(\eta)$ – прикладом однофакторної ВФМНВ.

В загальному випадку властивість лінійної однорідності ВФМКВ і ВФМНВ, що моделює віддачу від розширення масштабів виробництва, дозволяє перейти від вихідних функцій до функцій, в яких кількість змінних менша на одиницю. Часто це полегшує не тільки дослідження, але і використання вказаних функцій.

Варто відмітити той факт, що сфера застосування ВФ оптимальних випусків зв'язана не лише з оцінкою потенціальних максимальних та мінімальних можливостей виробництва, але і з оцінкою допустимих меж області реального випуску. Якщо ВФМКВ та ВФМНВ розглядаються у

єдиній системі координат, то область реально можливого випуску, очевидно, обмежена гіперповерхнями, що є графіками вказаних ВФ.

Зрозуміло, що у випадку функцій багатьох змінних, як правило, не вдається виписати цю область у явному аналітичному вигляді. Тоді використовуючи запропоновані вище класи ВФ, аналіз і прийняття рішень у галузі виробничого менеджменту здійснюють за допомогою методів комп'ютерного моделювання.

2.4. Виробничі функції максимального та мінімального випусків у випадку двосторонніх лінійних технологічних обмежень

Продовжуючи попередні викладення, зупинимось детальніше на моделюванні ВФМКВ та ВФМНВ у випадку двосторонніх лінійних технологічних обмежень. ВФМКВ у цьому випадку описується неявно задачею лінійного програмування:

$$\begin{cases} \langle c, x \rangle \mapsto \max, \\ x \in X_3(r, R), \end{cases} \quad (2.17)$$

де $X_3(r, R) = \{x \in \mathbb{R}_+^n \mid r \leq Ax \leq R\}$.

Функція

$$F_3^{(\max)} : \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^m \mapsto \mathbb{R}, \quad (2.18)$$

яка кожному набору ресурсів (r, R) ставить у відповідність максимальне значення $\langle c, x^*(r, R) \rangle$, де $x^*(r, R)$ - розв'язок (2.17) при заданих r і R , буде

ВФМКВ, але на відміну від функції $F_1^{(\max)}$ вона враховує двосторонні технологічні обмеження ($\mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^m$ – декартовий добуток). ВФ (2.18) визначена у області

$$O_3 = \{(r, R) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^m / X_3(r, R) \neq \emptyset\}.$$

Вона володіє наступними властивостями.

Властивість 1. Функція $F_3^{(\max)}$ є угнутою в області O_3 .

Властивість 2. Функція $F_3^{(\max)}$ є неперервною у всіх внутрішніх точках області O_3 .

Властивість 3. Функція $F_3^{(\max)}$ монотонно не спадає по компонентам вектора R та монотонно не зростає по компонентам вектора r .

Властивість 4. Функція $F_3^{(\max)}$ є додатно однорідною першого степеня, тобто $F_3^{(\max)}(vr, vR) = vF_3^{(\max)}(r, R)$, $v \geq 0$.

Властивість 5. Функція $F_3^{(\max)}$ є в загальному випадку кусково-лінійною в області O_3 .

Властивості 1)-5) функції $F_3^{(\max)}$ встановлюються аналогічно до того, як були встановлені властивості функції $F_1^{(\max)}$ і $F_2^{(\min)}$. Підсумовуючи вищесказане, сформулюємо таке твердження.

Твердження 2.3. ВФМКВ $F_3^{(\max)}$ у області O_3 є угнутою, неперервною у всіх внутрішніх точках, монотонно неспадною по компонентам вектора R та монотонно незростаючою по компонентам вектора r , додатно однорідною першого степеня і в загальному випадку кусково-лінійною.

З метою побудови функції $F_3^{(\max)}$ у явній аналітичній формі випишемо до задачі (2.17) двоїсту. Вона матиме вигляд:

$$\begin{cases} \langle R, \lambda^{(R)} \rangle - \langle r, \lambda^{(r)} \rangle \mapsto \min, \\ (\lambda^{(r)}, \lambda^{(R)}) \in \Lambda_3^{(\max)}, \end{cases} \quad (2.19)$$

$$\text{де } \Lambda_3^{(\max)} = \left\{ \lambda^{(r)}, \lambda^{(R)} \in \mathbb{R}_+^m \mid A^T \lambda^{(R)} - A^T \lambda^{(r)} \geq c \right\}.$$

Оскільки допустима многогранна множина задачі (2.19) не залежить від параметрів r та R , то побудова функції $F_3^{(\max)}$ реалізується за допомогою (2.19) з урахуванням відомих тверджень двоїстості [87]. Метод побудови $F_3^{(\max)}$ полягає у знаходженні вершин множини $\Lambda_3^{(\max)}$, визначенні підобластей лінійності даної функції, що відповідають кожній із вершин та формуванні шуканої аналітичної залежності. При цьому суттєво використовується співвідношення:

$$\langle c, x^*(r, R) \rangle = \langle \lambda^{(R)*}, R \rangle - \langle \lambda^{(r)*}, r \rangle, \quad (2.20)$$

де $(\lambda^{(R)*}, \lambda^{(r)*})$ - вершина $\Lambda_3^{(\max)}$, а також відомі критерії оптимальності кожної з вершин. Не деталізуючи процедуру одержання кінцевого результату (вона аналогічна), зазначимо тільки те, що визначення вершин множини $\Lambda_3^{(\max)}$ зводиться до знаходження всіх опорних розв'язків системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$A^T \lambda^{(R)} - A^T \lambda^{(r)} - \mu = c, \quad (2.21)$$

де $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$ - допоміжний невід'ємний n -вимірний вектор (припускається, що в реальних задачах матриця A^T не має жодного базисного вектора-стовпця). Співвідношення (2.20), (2.21) є основними співвідношеннями, що

дозволяють побудувати функцію $F_3^{(\max)}$ у явному аналітичному вигляді. Знову розглянемо декілька прикладів.

Приклад 2.4. Нехай у задачі лінійного програмування (2.17)

$$A = \begin{pmatrix} 1/4 & 1 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}, c = \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \end{pmatrix}, r = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix}, R = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \end{pmatrix}. \quad (2.22)$$

Тоді система (2.21) у цьому випадку матиме вигляд:

$$\begin{cases} \frac{1}{4}\lambda_1^{(R)} + 3\lambda_2^{(R)} - \frac{1}{4}\lambda_1^{(r)} - 3\lambda_2^{(r)} - \mu = 1, \\ \lambda_1^{(R)} + \lambda_2^{(R)} - \lambda_1^{(r)} - \lambda_2^{(r)} - \mu_2 = 5. \end{cases} \quad (2.23)$$

Система (2.23) має три опорні розв'язки $\left(\frac{56}{11}, 0, 0, \frac{1}{11}, 0, 0\right)^T$, $\left(5, 0, 0, 0, \frac{1}{4}, 0\right)^T$, $(0, 5, 0, 0, 14, 0)^T$. Враховуючи умови їх оптимальності, одержимо

$$F_3^{(\max)}(r_1, r_2, R_1, R_2) = \begin{cases} \frac{56}{11}R_1 - \frac{1}{11}r_2, & R_2 \leq r_2 \leq 12R_1, \quad r_1 \leq R_1, \quad r_2 \leq R_2, \\ 5R_1, & r_2 \leq R_1 \leq R_2, \quad r_1 \leq R_1, \quad r_2 \leq R_2, \\ 5R_2, & r_1 \leq R_2 \leq R_1, \quad r_1 \leq R_1, \quad r_2 \leq R_2. \end{cases}$$

Приклад 2.5. Цікавим є також випадок, коли у (2.22) $r_1=R_1$, $r_2=R_2$. Тоді задача лінійного програмування (2.17) є канонічною, тобто

$$X_3(R, R) = \{x \in \mathbb{R}_+^n \mid Ax = R\} \equiv \{x \in \mathbb{R}_+^n \mid R \leq Ax \leq R\},$$

а задача (2.19) набуває вигляду

$$\langle R, \lambda^{(R)} - \lambda^{(r)} \rangle \mapsto \min, \quad (\lambda^{(r)}, \lambda^{(R)}) \in \Lambda_3^{(\max)}.$$

При $r=R$ система (2.21) збігається з системою (2.23), опорні розв'язки якої вже відомі, а

$$F_3^{(\max)}(r_1, r_2, R_1, R_2) = \begin{cases} \frac{56}{11} R_1 - \frac{1}{11} R_2, & R_1 \leq R_2 \leq 12R_1, r_1 = R_1, r_2 = R_2, \\ 5R_1, & R_1 = R_2 = r_1 = r_2, \end{cases}$$

що є очевидним наслідком прикладу (2.4).

Тепер зупинимось коротко на побудові ВФМНВ у випадку двосторонніх лінійних технологічних обмежень. ВФМНВ задамо неявно задачею лінійного програмування

$$\begin{cases} \langle c, x \rangle \mapsto \min, \\ x \in X_3(r, R) \end{cases} \quad (2.24)$$

або відображенням

$$F_4^{(\min)} : \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^m \mapsto \mathbb{R}, \quad (2.25)$$

яке кожному набору ресурсів (r, R) ставить у відповідність мінімальне значення $\langle c, x^{**}(r, R) \rangle$, де $x^{**}(r, R)$ – розв'язок задачі (2.24) при заданих r та R . Областю визначення функції (2.25) також буде область O_3 . Конкретизуємо властивості функції (2.25).

Властивість 1. Функція $F_4^{(\min)}$ є опуклою в області O_3 .

Властивість 2. Функція $F_4^{(\min)}$ є неперервною у всіх внутрішніх точках області O_3 .

Властивість 3. Функція $F_4^{(\min)}$ монотонно не зростає по компонентам вектора R та монотонно не спадає по компонентам вектора r .

Властивість 4. Функція $F_4^{(\min)}$ є додатно однорідною першого степеня, тобто

$$F_4^{(\min)}(vr, vR) = vF_4^{(\min)}(r, R), \quad v \geq 0.$$

Властивість 5. Функція $F_4^{(\min)}$ є в загальному випадку кусково-лінійною в області O_3 .

Таким чином, справедливим є твердження.

Твердження 2.4. ВФМНВ $F_4^{(\min)}$ у області O_3 є опуклою, неперервною у всіх внутрішніх точках, монотонно незростаючою по компонентам вектора R та монотонно неспадаючою по компонентам вектора r , додатно однорідною першого степеня і в загальному випадку кусково-лінійною.

Алгоритм побудови функції $F_4^{(\min)}$ у явному аналітичному вигляді аналогічний до вищеописаних. Двоїстою до задачі (2.24) буде задача

$$\begin{cases} \langle r, \lambda^{(r)} \rangle - \langle R, \lambda^{(R)} \rangle \mapsto \max, \\ (\lambda^{(r)}, \lambda^{(R)}) \in \Lambda_4^{(\min)}, \end{cases} \quad (2.26)$$

де $\Lambda_4^{(\min)} = \{ \lambda^{(r)}, \lambda^{(R)} \in \mathbb{R}_+^m \mid A^T \lambda^{(r)} - A^T \lambda^{(R)} \leq c \}$. З теорії двоїстості випливає, що для (2.24) і (2.26)

$$\langle c, x^{**}(r, R) \rangle = \langle r, \lambda^{(r)**} \rangle - \langle R, \lambda^{(R)**} \rangle, \quad (2.27)$$

де $(\lambda^{(r)**}, \lambda^{(R)**})$ - вершина множини $\Lambda_4^{(\min)}$. Доповнивши співвідношення (2.27) системою

$$A^T \lambda^{(r)} - A^T \lambda^{(R)} + \mu = c, \quad (2.28)$$

приходимо до методу побудови функції $F_4^{(\min)}$.

Приклад 2.6. Нехай допустима множина задачі (2.24) задається умовами (2.22). Тоді система (2.28) у цьому випадку конкретизується таким чином:

$$\begin{cases} \frac{1}{4} \lambda_1^{(r)} + 3\lambda_2^{(r)} - \frac{1}{4} \lambda_1^{(R)} - 3\lambda_2^{(R)} + \mu_1 = 1, \\ \lambda_1^{(r)} + \lambda_2^{(r)} - \lambda_1^{(R)} - \lambda_2^{(R)} + \mu_2 = 5. \end{cases}$$

Опорними розв'язками системи є

$$(0,0,0,0,1,5)^T, \quad (4,0,0,0,0,1)^T, \quad \left(\frac{56}{11}, 0, 0, \frac{1}{11}, 0, 0 \right)^T, \quad \text{а функція}$$

$$F_4^{(\min)}(r_1, r_2, R_1, R_2) = \begin{cases} 0, & r_1 = 0, \quad r_2 = 0, \quad R_1 \geq 0, \quad R_2 \geq 0, \\ 4r_1, & \frac{1}{12} r_2 \leq r_1 \leq \frac{1}{12} R_2, \quad r_1 \leq R_1, \quad r_2 \leq R_2, \\ \frac{56}{11} r_1 - \frac{1}{11} R_2, & \frac{1}{12} R_2 \leq r_1 \leq R_2, \quad r_1 \leq R_1, \quad r_2 \leq R_2. \end{cases}$$

Очевидно, викладених вище результатів достатньо для підтвердження доцільності застосування та правильності запропонованої методології моделювання ВФ оптимальних випусків у випадку двосторонніх лінійних технологічних обмежень. Зауважимо, що запропонована методологія легко поширюється також на деякі класи нелінійних кусково-гладких ВФ, що неявно формалізуються нелінійними задачами математичного програмування.

2.5. Короткострокові та довгострокові виробничі функції

Оскільки, як відомо, в реальних умовах обсяги ресурсів у кожний момент часу є обмеженими, то виробництво деякого продукту приводить до необхідності альтернативного використання ресурсів. Таким чином, всі витрати, які беруть участь у виробничому процесі, є альтернативними витратами, що поділяються на постійні та змінні. Виділення змінних і постійних витрат дозволяє виділити два часових періоди для аналізу та функціонування виробництва – короткостроковий та довгостроковий періоди. Щодо виробничої діяльності, то цей розподіл пов'язаний з можливістю чи неможливістю змінювати основні фонди. У короткостроковому періоді існуюче виробниче устаткування незмінне. Отже, обсяг випуску продукції може регулюватися лише за допомогою маніпуляції змінних факторів, у той час, як постійні витрати залишаються незмінними. Ріст випуску відбувається при змінних пропорціях між кількістю постійного й змінного ресурсів. При незмінних витратах та цінах стимулом для збільшення виробництва є зростання попиту й можливість збільшити прибуток за рахунок продажу додаткової кількості продукції. Досліджуючи

випуск окремої фірми, можна припустити, що ціни на продукцію зростають, а ціни на ресурси й витрати виробництва залишаються незмінними. На відміну від короткострокового періоду, в довгостроковому періоді всі фактори виробництва змінні. Підприємство може змінювати не тільки обсяг використовуваних трудових матеріальних ресурсів, але і змінювати величину виробничої потужності. Збільшити випуск продукції можна при збереженні незмінної технічної бази за рахунок збільшення обсягу використовуваних ресурсів, або при зниженні витрат у результаті застосування у виробництві досягнень науково-технічного прогресу, удосконалення організації виробництва.

З точки зору власне ВФ, різниця між короткостроковим і довгостроковим заходами виробництва пов'язана перш за все з різними можливостями заміщення факторів-аргументів ВФ. Так як розвиток нових галузей виробництва, поява нових технологій і ефективніших зразків обладнання, зменшення резервних потужностей виробництва тісно пов'язані зі збільшенням інвестицій, у такому довгостроковому випадку існуюче виробниче устаткування може бути доповнене за рахунок інвестицій для розширення основних фондів. Тому в довгострокових ВФ обов'язковим аргументом є нові капітальні ресурси, які перетворюються в додаткові виробничі потужності. Таким чином, у довгострокових функціях виробничі потужності є змінними і вони враховуються як можливі нарощування існуючих інтенсивностей виробничого процесу. Відповідна короткострокова ВФ пов'язує ресурси (нові капітальні ресурси не можуть бути створені за такий короткий час) із випуском продукції. При цьому існуючі виробничі потужності враховуються як незмінні обмеження на можливу інтенсивність виробничого процесу. Можна вважати, що еластичність заміщення такої функції буде невелика, у всякому випадку менша за еластичність довгострокової функції. Темп росту випуску відстає від темпу росту ресурсів,

що підтверджує дію закону спадної граничної продуктивності. Власне довгострокова ВФ повинна відповідати гладкій траєкторії розвитку, не враховуючи негативні ефекти швидкої зміни економічного росту. Короткострокова ВФ, навпаки, повинна врахувати ці ефекти в повній мірі.

Довгострокові ВФ можна описати, наприклад, такою структурною моделлю [85].

Нехай, як і раніше, R – вектор ресурсів, x – вектор кінцевої продукції або вектор інтенсивностей технологічних процесів, A – технологічна матриця, c – вектор оцінок, $a = (a_1, \dots, a_n)^T$ – технологічний вектор інвестицій на створення одиничних інтенсивностей існуючих n технологічних процесів, $d = (d_1, \dots, d_n)^T$ – вектор приросту інтенсивностей виробництва в результаті реалізації заданої величини інвестиційного ресурсу R_0 .

Тоді аналогом задачі (2.1) буде модель

$$\begin{cases} \langle c, x + d \rangle \mapsto \max, \\ A(x + d) \leq R, \\ \langle a, d \rangle \leq R_0, \\ x, d \in \mathbb{R}_+^n. \end{cases} \quad (2.29)$$

Оскільки модель (2.29) у математичному плані є задачею лінійного програмування, то двоїстою до неї буде задача

$$\begin{cases} \langle R, \lambda \rangle + R_0 \lambda_0 \mapsto \min, \\ A^T \lambda \geq c, \\ A^T \lambda + \lambda_0 a \geq c, \\ \lambda_0 \in \mathbb{R}_+, \quad \lambda \in \mathbb{R}_+^m, \end{cases} \quad (2.30)$$

де λ - вектор двоїстих змінних (вектор оцінок ресурсів R), λ_0 - додаткова двоїста змінна, що дає оцінку одиниці інвестиційного ресурсу.

Застосовуючи до задач (2.29), (2.30) запропоновану вище методику, можна у явному аналітичному вигляді побудувати довгострокову ВФМКВ.

Відзначимо також, що, як і в короткостроковому випадку введені таким чином ВФ мають аналогічні властивості.

Також можна розглянути можливість побудови довгострокової ВФМКВ у випадку не скалярного, а векторного інвестиційного ресурсу.

Нехай \bar{A} - технологічна матриця інвестицій на створення одиничних інтенсивностей, а d - як і раніше вектор приросту інтенсивностей виробництва в результаті реалізації векторного інвестиційного ресурсу \bar{R} . Тоді аналогічну до (2.29) модель оптимального планування можна записати у вигляді такої задачі лінійного програмування:

$$\begin{cases} \langle c, x+d \rangle \mapsto \max, \\ A(x+d) \leq R, \\ \bar{A}d \leq \bar{R}, \\ x, d \in \mathbb{R}_+^n. \end{cases} \quad (2.31)$$

Двоїстою до (2.31) буде задача :

$$\begin{cases} \langle R, \lambda \rangle + \langle \bar{R}, \bar{\lambda} \rangle \mapsto \min, \\ A^T \lambda \geq c, \\ A^T \lambda + \bar{A}^T \bar{\lambda} \geq c, \\ \lambda, \bar{\lambda} \in \mathbb{R}_+^m, \end{cases} \quad (2.32)$$

де $\bar{\lambda}$ – вектор додаткових двоїстих змінних (вектор оцінок інвестиційних ресурсів), а інші вектори та матриці мають уже відомий нам зміст.

Користуючись задачами (2.31) і (2.32) та методикою, описаною у пункті 2.3, можна побудувати довгострокову ВФМКВ в аналогічній формі, яка враховує векторний інвестиційний ресурс. Зазначимо, що аналогічно можна моделювати довгострокові ВФ і у випадку нелінійних технологій.

2.6. Концепція беззбитковості діючого виробництва в умовах ринкової економіки

Метою діяльності господарської структури в сучасній економіці є одержання прибутку. Саме за цієї умови вона може стабільно існувати й забезпечувати собі основу для росту. У прибутку синтезується взаємодія таких факторів, як обсяг продукції, витрати обігу, валові доходи, продуктивність праці. Прибуток – це чистий дохід підприємства, а збиток – це показник, який свідчить про перевищення суми витрат над доходами підприємства. Тому в кожній без винятку господарській структурі будь-якої форми власності та форми організації господарювання потрібно впровадити систему управління всіма видами виробничих витрат. Головним інструментом цієї системи є аналіз беззбиткового стану виробництва.

З точки зору економічної теорії, точка беззбитковості – це такий обсяг реалізації продукції фірми, при якому виручка від реалізації повністю покриває всі витрати на виробництво продукції [89-90]. Насправді, якщо фірма має прибуток, тобто сальдо доходів від реалізації та грошових затрат на виробництво даної продукції невід'ємне, то вона може недосягати точки беззбитковості в розумінні економічного прибутку. В довгостроковій перспективі сукупного доходу, одержаного від реалізації продукції фірми в

точці оптимального обсягу випуску інколи недостатньо для покриття сукупних витрат. Таким чином, фірма функціонує з економічним збитком, хоча вона може існувати в короткостроковому періоді, так як постійні витрати незалежні від обсягу випуску продукції. Як показують дослідження [91], у 1999 році 50% підприємств в Україні були збиткові, тобто темпи росту прибутку випереджають темпи росту коефіцієнта фінансової міцності. Інфляція витрат в 1999-2000 роках за рахунок зростання ціни одиниці продукції в умовах падіння обсягів її випуску відображає так званий “ефект масштабу виробництва”. Підприємство, яке не досягає стану беззбитковості, діє неефективно з точки зору ринкової кон’юнктури. Таким чином, поняття беззбитковості є одночасно і деяким критерієм ефективності виробничої діяльності, а процес максимізації прибутку еквівалентний процесу пошуку точки беззбитковості в економічному розумінні.

Аналіз діяльності підприємств, що досліджувалися за період з 1999 по 2001 роки та проведені розрахунки стверджують, що навіть при застосуванні оптимізаційних моделей, орієнтованих на максимальний прибуток, не завжди забезпечується досягнення беззбиткового стану [92].

Питання теорії та практики розрахунку точки беззбитковості й оцінки ефективного використання ресурсів і витрат у виробництві досліджувалось у роботах В.Завгороднього, С.Покропивного, М.Чумаченка, А.Шеремета, А.Шершнева та інших вчених. Вітчизняна практика планування беззбитковості спрямована на управління кінцевими результатами, відмежовуючи його від управління виробничими процесами.

Методика розрахунку точки беззбитковості, яка запропонована, наприклад, у [91] показує залежність виручки від витрат, але при цьому визначає лише одну точку беззбитковості. Досвід показує, що це є дуже жорстке обмеження у плануванні обсягів виробництва та ресурсів і витрат, необхідних для їх досягнення. Важливим недоліком даної методики є й те,

що при розрахунках точки беззбитковості, остання виявляється тільки у разі зростання виробництва. Але у діючих ринкових умовах має місце як зростання так і падіння виробництва. Варто відмітити також, що класичний метод не дає відповідь на питання: які заходи необхідно застосовувати для зниження витрат, як забезпечити постійну економію ресурсів діючого виробництва.

Отже, детальний розгляд змісту категорії “беззбитковість” свідчить, що традиційне розуміння беззбитковості як рівності витрат і надходжень не може бути застосоване для достатньо тривалого періоду. Це доводить необхідність реалізації конкретної функції управління – планування беззбитковості і свідчить про потребу нового розуміння цієї категорії. За основу прийємо визначення: беззбитковість – це такий стан діяльності господарської структури, при якому реалізація продукції забезпечує надходження суми коштів, необхідної для її довготривалого існування у вибраній галузі діяльності [93].

Соціально-економічні та політичні проблеми сьогодення акцентують увагу на необхідності прийняття управлінських рішень в умовах регулювання ринкових відносин у завданнях оптимального розподілу ресурсів в економічних системах. Проблему пропонується розв'язати за допомогою синтезу відомих у вітчизняній та зарубіжній теорії методів планування беззбитковості, обсягу виробництва та витрат на виготовлення та реалізацію продукції [83-84]. За основу для розробки методики планування орієнтованої на досягнення беззбитковості прийємо методи економіко-математичного моделювання планування оптимальної виробничої програми та методи планування витрат по повній і маржинальній собівартості.

При побудові таких моделей виникає необхідність у попередньому змістовному аналізі взаємозв'язків показників, яка зумовлена тим, що математичні методи, які застосовуються є лояльні по відношенню до

економічного змісту показників. Тому перейдемо до обговорення припущень, які лежать в основі застосування вищеописаного методу до реальних економічних даних. Перш за все необхідно відмітити, що методика правильна лише в обмеженому діапазоні обсягів випуску. Обмеженість впливає з того, що при достатньо великому обсягу випуску продукції перестають бути правильними деякі припущення, наприклад, незмінний характер і величина постійних затрат. Для того, щоби можна було точніше представити область релевантності, опишемо припущення, що використовуються при побудові даної моделі.

- Поведінка сукупних затрат і виручки однозначно визначена й лінійна в межах області релевантності. Це припущення правильне лише у тих випадках, коли зміна випуску продукції невелика порівняно з ємністю ринку даної продукції. В іншому випадку порушиться лінійність залежності між обсягом випуску й виручкою.

- Всі затрати можна розділити на постійні й змінні.

- Постійні витрати є незалежними від обсягу в межах області релевантності. Це припущення полегшує аналіз, однак жорстко обмежує область релевантності. Насправді, при такому припущенні обсяг випуску продукції обмежений наявними основними ресурсами. Більш реальним є припущення, що постійні витрати змінюються поступово. Але таке припущення ускладнює методику, так як графік сукупних витрат стає розривною функцією.

- Змінні витрати є незалежними від обсягу випуску в межах області релевантності. Насправді, величина змінних витрат є деяка функція від обсягу виробництва, так як існує ефект зменшення граничної продуктивності факторів виробництва.

- Ціна реалізації випуску продукції не змінюється. Це припущення є спірним, так як ціна реалізації продукції залежить не тільки від дій

підприємства, але і від структури попиту на ринку, дій конкурентів і ін., однак спрощує методику.

- На затрати релевантно впливає тільки обсяг виробництва, тобто ми абстрагуємося від впливу зовнішнього середовища і відносимо до постійних затрат усі незалежні від обсягу випуску витрати виробництва.

- Обсяг виробництва дорівнює обсягу реалізації.

- Граничні обсяги виробництва окремих видів товарів зумовлені впливом ринкових факторів.

Важливим питанням побудови оптимізаційних моделей аналізу та планування беззбитковості є також визначення критерію та системи обмежень, причинно-наслідкових взаємозв'язків між показниками. Спеціалістами в області моделювання це питання розв'язується по різному, в результаті чого аналогічні за призначенням моделі суттєво відрізняються характером взаємозв'язків між показниками. Для забезпечення реальної беззбитковості діяльності підприємства у довготривалому періоді, пропонується зосередити увагу на врахуванні таких груп обмежень:

- обмеження по ресурсах матеріальних і прирівняних до них;

- обмеження стосовно обсягу окремих видів товарів, що формуються на підставі аналізу взаємозв'язків підприємства з навколишнім середовищем. До цієї групи обмежень можна віднести й обмеження стосовно невід'ємності змінних, оскільки мінімальний обсяг виробництва в таких умовах приймається рівним нулю;

- обмеження по беззбитковості виробничої програми.

При побудові моделі необхідно вибрати цільову функцію таким чином, щоб вона встановлювала головний критерій оптимізації у відповідності до завдання забезпечення беззбитковості. У моделі оптимальної виробничої програми найчастішим є наступні напрямки формування цільової функції.

1. Максимізація величини прибутку, розрахованої як суми прибутку від

реалізації одиниці кожного виду продукції, що може увійти до оптимальної виробничої програми.

2. Максимізація сумарної величини покриття витрат, розрахованої для виробничої програми. У такій моделі обмеження по беззбитковості частково задовольняє меті максимізації величини покриття.

3. Максимізація загальної рентабельності.

4. Мінімізація загальної величини витрат на виконання виробничої програми. Якщо застосувати цільову функцію такого типу, побудовану за методом величини покриття, то задача зведеться до мінімізації сумарної величини змінних витрат на виконання виробничої програми.

Важливо відзначити, що для ефективного управління підприємством вирішальне значення має аналіз формування витрат на етапі використання факторів виробництва, тому теоретичний аналіз проблеми беззбитковості варто доповнити рішенням конкретних проблем виробництва та витрат на виготовлення продукції. Оскільки, будь-яке виробництво здійснюється згідно з технологічними правилами, при побудові виробничо-економічної моделі беззбитковості використаємо виробничі моделі, в яких взаємозв'язок між кількістю затрачених факторів і обсягом випуску продукції формалізується за допомогою технологій або побудованих на їх основі ВФ. Отже, ВФ будемо розуміти як модель оптимальних можливостей беззбиткового виробництва при наявних ресурсних і технологічних обмеженнях, або як функцію оптимальних значень задачі лінійного програмування, якою формалізується задача виробничого менеджменту в умовах беззбитковості.

2.7. Моделювання функцій оптимальних випусків беззбиткового виробництва

Нехай економічним принципом діяльності підприємства є забезпечення альтернативно заданого випуску продукції при мінімальних затратах і ресурсах. Цей принцип обрано у зв'язку з тим, що обсяг виробництва є наслідком дії ринку, конкурентних товарно-грошових відносин, а витратна частина підконтрольна підприємству і може бути беззбитковою лише при визначених виробничих затратах.

Будемо вважати також, що цільова функція відображає сумарні змінні витрати на виробництво всього обсягу продукції по підприємству, а обмеження представлені такими групами обмежень: обмеженнями по матеріальних ресурсах; обмеженнями по обсягу виробництва товарів, на поставку яких укладено угоди; обмеженнями по виробництву товарів, для яких встановлено максимально можливий обсяг виробництва; обмеженнями по беззбитковості або одержанні запланованої суми прибутку для довготривалого існування підприємства; обмеженнями по невідомим змінних, що не ввійшли до другої групи обмежень.

Тоді задача оптимальної організації беззбиткового виробництва полягає у визначенні такого плану $x^* \in \mathbb{R}_+^n$, який є розв'язком задачі лінійного програмування:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle c, x \rangle \mapsto \min, \\ Ax \leq R, \\ \langle d, x \rangle \geq V, \\ x_{j_q} \geq U_{j_q}, \quad q = \overline{1, n_1}, \\ x_i \leq M_i, \quad i = \overline{1, n_2}, \\ x \in \mathbb{R}_+^n, \end{array} \right. \quad (2.33)$$

де $R = (R_1, \dots, R_b)^T$ - плановий вектор наявних ресурсів в натуральних одиницях;

$x = (x_1, \dots, x_n)^T$ - вектор кінцевої продукції (вектор інтенсивностей

технологічних процесів), A - технологічна матриця розмірності $(m \times n)$, $c = (c_1, \dots, c_n)^T$ - вектор оцінок одиничних інтенсивностей технологічних процесів, $U = (U_{j_1}, \dots, U_{j_{n_1}})^T$, $M = (M_{i_2}, \dots, M_{i_{n_2}})^T$ - вектори мінімально та максимально допустимих інтенсивностей цих технологічних процесустановлено - кількість товарів, для яких встановлено мінімальний обсяг виробництва, n_2 - кількість товарів, для яких встановлено максимальний обсяг виробництва, $d = (d_1, \dots, d_n)^T$ - вектор покриття витрат на одиницю продукції, V - загальна величина умовно-постійних витрат та витрат розширеного відтворення. До витрат розширеного відтворення пропонується відносити: витрати на розширене відтворення основних фондів підприємства у сумі перевищення ними розмірів амортизаційного фонду підприємства; витрати на розширене оновлення кадрів підприємства у сумі перевищення ними обмежень; витрати на охоплення визначеної долі ринку у сумі перевищення ними обмежень, встановлених згідно чинного законодавства; витрати на створення резервного фонду на випадок настання непередбачених обставин; витрати на виплату фіксованого розміру дивідендів по привілейованих акціях; інші види витрат, необхідних для розширеного відтворення підприємства.

Одержаний оптимальний план задовольнятиме всім встановленим цілям: витрати на виготовлення планової виробничої програми будуть найменшими, які можливі за даних реальних умов; при реалізації виробничої програми не виникне дефіциту жодного виду ресурсів; реалізація такої виробничої програми дозволить ефективно співпрацювати із зовнішнім середовищем, оскільки буде виготовлятися достатньо продукції, щоб виконувати вимоги укладених угод, при цьому не будуть утворюватися надлишки готової продукції, оскільки в моделі враховано попит на

продукцію; реалізація планової програми виробництва забезпечить досягнення беззбитковості у довготривалому періоді.

Двоїстою до (2.33) буде задача:

$$\begin{cases} - \langle R, \lambda \rangle + \lambda_0 V + \langle U, \theta \rangle - \langle M, \Theta \rangle \mapsto \max, \\ -A^T \lambda + I_{n_1} \theta + I \lambda_0 d - I_{n_2} \Theta \geq c, \\ \lambda \in \mathbb{R}_+^n, \quad \lambda_0 \in \mathbb{R}_+, \quad \theta \in \mathbb{R}_+^{n_1}, \quad \Theta \in \mathbb{R}_+^{n_2}, \end{cases} \quad (2.34)$$

де λ, θ, Θ - вектори двоїстих змінних, що служать відповідно оцінками ресурсів та оцінками технологічних процесів; λ_0 - двоїста змінна, що відповідає $(m+1)$ - му обмеженню прямої задачі (2.33); I - одинична матриця розмірності $(n \times n)$; I_{n_1} - одинична матриця розмірності $(n_1 \times n_1)$; I_{n_2} - одинична матриця розмірності $(n_2 \times n_2)$. Якщо вважати A, c, d заданими, а R, U, M, V - параметрами, то модель (2.33) неявно буде описувати функціональну залежність

$$F_5^{(\min)} : \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R} \times \mathbb{R}_+^{n_1} \times \mathbb{R}_+^{n_2} \mapsto \mathbb{R}, \quad (2.35)$$

яка кожному набору (R, V, U, M) ставить у відповідність мінімальне значення $\langle c, x^*(R, V, U, M) \rangle$ задачі (2.33), де $x^*(R, V, U, M)$ - розв'язок (2.33) при заданих R, U, M, V .

Функція $F_5^{(\min)}$ є функцією мінімальних витрат або однією з функцій оптимальних випусків беззбиткового виробництва.

Областю визначення функції (2.35) є область

$$O_4 = \left\{ (R, V, U, M) \in \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}_+^{n_1} \times \mathbb{R}_+^{n_2} / X(R, V, U, M) \neq \emptyset \right\},$$

де $X(R, V, U, M)$ - це допустима область задачі(2.33).

Методика дослідження та побудови функції (2.35) у явній аналітичній формі нам уже відома, тому зупинятись на цьому не будемо.

Висновки до розділу 2

1. В умовах ринкової економіки для успішного розв'язання задач виробничого менеджменту принципове значення має апріорна оцінка потенціальних граничних та допустимих можливостей виробничих технологій. Таку оцінку можна отримати на основі моделей раціональної чи оптимальної організації виробництва. Застосування таких моделей дає можливість не лише оцінити область допустимих і оптимальних варіантів кінцевих результатів виробничої діяльності, але й передбачати відповідні технологічні зміни у структурі виробничих процесів.

2. Структурні за своїм змістом моделі оптимізації виробництва можна розглядати як моделі неявно заданих функцій, що відображають простір витрат (факторів, ресурсів) у простір оптимальних результатів. Такі функції природно назвати ВФ структурного типу. Їх властивості близькі до властивостей неокласичних ВФ, але ці функції у загальному випадку не є гладкими. У даному розділі запропонована також методика побудови такого типу ВФ у явному аналітичному вигляді, що дає можливість по-новому підходити до розв'язання проблеми моделювання ВФ узагалі.

3. Концепція беззбитковості сучасного виробництва передбачає існування такого типу виробничої фірми на конкурентному ринку, при якому виручка від реалізації повністю покриває витрати на виробництво продукції.

Це вносить певні корективи у структурні (зокрема, оптимізаційні) моделі фірми, що у свою чергу розширяє поняття ВФ структурного типу і дозволяє моделювати ВФ оптимальних випусків беззбиткового виробництва.

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ФУНКЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ВИПУСКІВ

3.1. Проблеми екологізації економіки та їх врахування в економіко-математичних моделях

На сучасному етапі розвитку цивілізації, людство вступило в якісно новий етап взаємодії з навколишнім середовищем, широкомасштабного використання його ресурсів. Збільшення навантаження на нього, спричинене інтенсивним розвитком матеріального виробництва, призводить до порушення економічної рівноваги як в окремих регіонах, так і в масштабах планети в цілому. Це пов'язане з тим, що природні ресурси обмежені і мають чітко окреслені параметри та величини, а кількість народонаселення та його матеріальні потреби зростають досить високими темпами, одночасно збільшуються негативні антропогенні навантаження на природу [94]. У процесі еволюції суспільства та розвитку матеріального виробництва виник і функціонує так званий антропогенний обмін речовин між природою та людиною. Такому обміну притаманний відкритий, незамкнений характер. З точки зору як економіки так і екології він є не раціональним і недосконалим, оскільки з інтенсифікацією суспільного виробництва зростають обсяги різноманітних виробництв, у тому числі й шкідливих і таких, які природа не спроможна нейтралізувати та утилізувати. Все це зрештою, призводить до надмірного загострення відносин суспільства з навколишнім природним середовищем та поглиблення ресурсо-екологічної кризи майже в усіх

регіонах планети. Отже, взаємодія людського суспільства і природного середовища на будь-якому рівні має розглядатися в рамках єдиної еколого-економічної системи, яка об'єднує взаємозв'язані соціальні та природні процеси. Раціональне, ощадливе природокористування, охорона довкілля, екологічнобезпечне ведення справ мають бути нерозривно пов'язані з метою будь-якої господарської діяльності, розвитку суспільного виробництва та бізнесу [95]. Тому дедалі очевиднішою стає необхідність переходу людства до нового розвитку, коли баланшуються потреби суспільства й можливості природи, погоджуються проблеми стану середовища та соціально-економічного розвитку.

Нероздільність завдань збереження природного середовища та економічного розвитку стали ключовою проблемою Конференції ООН із навколишнього середовища та розвитку (1992, Ріо-де-Жанейро). У прийнятих на цій конференції документах [96] зазначалося, що основне завдання полягає в тому, щоб сформувати на планеті єдиний екологічнобезпечний господарсько-економічний простір, який буде основою сталого та екологічнозрівноваженого соціально-економічного розвитку. При цьому сталий розвиток було проголошено як глобальний імператив і взято зобов'язання вжити всіх необхідних заходів щодо його втілення у життя. Сталий розвиток має бути збалансованим в економічному та соціальному планах, зокрема, економічне зростання не повинно перевищувати довгочасних екологічних можливостей природного середовища. Уперше концепцію сталого розвитку було досить повно викладено у Всесвітній стратегії збереження природи (1980 р). Наведемо лише одне з багатьох визначень сталого розвитку, яке належить Донелі Медоуз [97]: “Сталий розвиток- це такий розвиток, коли ми задовольняємо свої поточні потреби і водночас не створюємо загрозу для існування наступних поколінь”. Варто зауважити, що стійкість не має на увазі ні статичну, ні тим більше застійну

стагнантну економіку. До того ж ми повинні розрізнити поняття росту та розвитку. Економічний ріст ні в якому випадку не веде до стійкості, на відміну від економічного розвитку. Сталий економічний розвиток можна визначати як використання природного капіталу протягом тривалого часу без значного виснаження національних запасів. припинення

Для умов України сталий розвиток може бути визначений як процес гармонізації продуктивних сил, забезпечення гарантованого задоволення принаймні мінімально необхідних потреб усіх членів суспільства за умови збереження й поетапного відтворення цілісності навколишнього середовища, збереження рівноваги між потенціалом природи й вимогами людей усіх поколінь. Концептуальну основу сучасної стратегії природокористування й розвитку народного господарства України мають становити такі наріжні принципи [98]:

- антропогенні навантаження на довкілля, біосферні ресурси не мають перевищувати можливості їх природного відтворення, відновлення та самоочищення;
- застосовувані технології мають ґрунтуватися, як правило, на безвідходності виробництва, а також на ефективних методах знешкодження й відновлення до біологічної якості тих використаних (відпрацьованих) природних ресурсів (відходів), що повертаються у навколишнє середовище;
- всі види господарської діяльності, природокористування й природоперетворення слід здійснювати з урахуванням екологічних чинників, критеріїв, вимог та обмежень.

Істотним для здійснення еколого-економічної політики є інституціонально-сутнісні реформи [99]. У цьому контексті чітке визначення прав власності відіграє вирішальну роль для розв'язання екологічних проблем у соціальній ринковій економіці. Американський економіст Р.Коуз намагався обґрунтувати переваги ринку над державним регулюванням через

систему податків, субсидій, встановлення стандартів у досягненні соціально-оптимального рівня антропогенних забруднень. Ринкова економіка досягає цього передусім завдяки відповідній системі прав власності на природні ресурси, яку гарантує закон. Еколого-економічна політика відображає державні пріоритети, насамперед участь держави та підтримку нею розв'язання нагальних екологічних проблем. Важливий принцип законів, прийнятих у той час [100], - "забруднювач платить", запроваджений Організацією економічного співробітництва й розвитку (ОЕСР). Запровадивши "зелені податки" на товари і виробничі процеси, що забруднювали, заподіювали шкоди довкіллю або знищували його, розвинуті країни використали їх як імпульс до згортання виробництв "брудних" товарів і водночас пошуку можливостей виробництва екологічно чистих товарів-замінників. Приклад — податки на викиди вуглецю внаслідок спалювання органічного палива, на утворення небезпечних (токсичних) відходів та ін. Таким чином, знизилась конкурентоспроможність підприємств, зайнятих екологічно брудним виробництвом. Це призвело до тимчасового скорочення не лише виробництва відповідної продукції та послуг, а й їх експорту. Ресурси та інвестиції, що вивільнилися у результаті такої структурної перебудови, були спрямовані в "екологічно чисті" сектори економіки. І як результат — якість навколишнього середовища у цих країнах значно покращилась.

Упродовж 90-х у багатьох розвинутих країнах було накопичено значний досвід здійснення еколого-економічної політики, використання різних економічних методів управління якістю навколишнього середовища. У розвинутих країнах на сучасному етапі використовуються 153 різні економічні важелі, в т.ч. 81 - штрафи, 41 - субсидії, 31 - інші заходи. Зокрема, ефективними еколого-економічними національними діями є запровадження у Франції штрафу за викиди, пов'язані із забрудненням повітря; у Фінляндії та

Швеції - "антивуглецевого" податку на використання викопних видів палива; в Австралії, Бельгії, Нідерландах і США - податки на відходи; у Німеччині, Данії, Нідерландах, Новій Зеландії, Фінляндії, Швейцарії та Швеції - різних рівнів податку на етилований та неетилований бензин; у Німеччині, Нідерландах, Швеції та Японії оподаткування використовується як засіб заохочення випуску автомобілів з низьким рівнем забруднення навколишнього середовища та ін. [101].

В Україні прийнято "Основні напрями державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки", які було розроблено відповідно до статті 16 Конституції України, що визначають мету і пріоритетні завдання охорони довкілля, а також механізми їх реалізації, напрями гармонізації та інтеграції екологічної політики України в рамках процесу "Довкілля для Європи" та у світовому екологічному процесі. Екологічні пріоритети відображені у стратегічних державних програмах - Програмі соціально-економічного розвитку до 2010 р. "Україна – 2010", Програмі діяльності Кабінету Міністрів України, Програмі структурної перебудови економіки України на середньотерміновий період 1999 – 2003 рр., Державній програмі соціального та економічного розвитку [95,98-99] .

Беручи до уваги гостроту екологічної ситуації в Україні й особливо той факт, що втрати від цього нині становлять від 12 до 15% її внутрішнього валового продукту, держава має визнати екологічні проблеми в Україні не лише як пріоритетні, а й вирішальні. Головними причинами виникнення еколого-економічних диспропорцій в Україні є прорахунки й відсутність обґрунтованої та виваженої екологічної політики; низький рівень професіоналізму у прийнятті рішень; переважання адміністративних методів управління; дотримання державою шкідливої практики вторинності екологічних потреб та ін. При цьому необхідно також сказати про діючу

помилкову стратегію охорони навколишнього середовища України, яка полягає в тому, що капіталовкладення направляються не на усунення причин забруднення та нераціонального ресурсоспоживання, а на подолання їх наслідків. Негативні екологічні результати цього очевидні: до 10 % втрат ВВП мають місце через зменшення продуктивності та передчасну втрату основних фондів, природних і людських ресурсів, а ресурсомісткість кінцевого національного продукту в 3 рази перевищує світові стандарти. Тому, для української економіки перехідного етапу спершу необхідним є механізм економічної адаптації природоохоронних цілей суспільства до його реальних можливостей [102].

З погляду довготривалої перспективи розвитку господарства та збереження умов життя людей - пріоритетною економічною проблемою є проблема екологічної оптимізації. Її розв'язання потребує досягнення або дотримання сприятливого співвідношення екологічних компонентів, умов із різнопрофільною трансформаційною соціально-господарською діяльністю людини. Визначальною рисою іманентної спрямованості на оптимізаційну еколого-економічну політику має стати сутнісна адекватна спроможність та сукупна політична воля забезпечити на суспільному й макроекономічному рівнях цілеспрямовану оптимізацію еколого-економічного функціонування народного господарства ринковими методами та умовами розвитку [103]. Більшість трактувань еколого-економічної оптимізації є звуженими, оскільки зводяться переважно до проблем використання природних ресурсів і протидії забрудненню навколишнього середовища через економічний розвиток. На початку XXI ст. все більше простежується необхідність макрорівневих еколого-політичних підходів, актуалізується цілісний погляд на еколого-економічну політику як систему, що може функціонувати в межах усього народного господарства з позицій необхідності його екологізації, зниження антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

Тому лише в контексті всієї сукупності економічних і соціально-політичних структур, що склалися в суспільстві, можливе комплексне розв'язання проблеми еколого-економічної оптимізації з урахуванням особливостей функціонування всього народногосподарського комплексу та його окремих галузей. Сумісність завдань еколого-економічної оптимізації у реальному соціально-економічному житті втрачається через індивідуальні або групові інтереси, неврахування сукупності негативних наслідків від невиважених чи некомпетентних економіко-політичних рішень. Державно-управлінське регулювання на перехідному етапі розвитку країни - це вирішальний фактор у загальній системі державного впливу на становлення соціально орієнтованої ринкової економіки, в якій одне з основних місць належить екологічно безпечному та природоощадному виробництву. Державні структури влади мусять мати сильні регулюючі функції, необхідні для обґрунтування й здійснення програми еколого-економічної оптимізації на основі розробки моделі післякризового розвитку регіонів і всієї країни. Екологічна політика держави, яка органічно не впливає з її економічних основ, неспроможна створити оптимальне соціально-економічне середовище для ефективного функціонування виробничого потенціалу екологобезпечного виробництва. І навпаки, економічна політика держави є дієвою та повною, якщо в ній знаходять своє відображення природоохоронні та ресурсощадні завдання, цілі екологічної політики, без вирішення яких унеможлиблюється поступальний розвиток країни. Слід враховувати особливу актуальність еколого-економічної взаємодії через неухильне зменшення працездатного населення й глибинні соціальні проблеми трансформаційного періоду в Україні. Ці проблеми потребують радикалізації розв'язання, інакше економічна політика держави не відповідатиме інтересам народу України та європейського співтовариства [104]. Комплексна оптимізаційна еколого-економічна політика актуальна в перехідний період,

коли в Україні закладаються принципи і підвалини виведення економіки з глибокої та затяжної соціально-економічної кризи на основі нової економічної ситуації, що спонукає до забезпечення на рівні держави необхідної синхронізації вирішення всіх нагальних екологічних питань із радикальними змінами та перетвореннями в народному господарстві. Ці проблеми як об'єктивна історична потреба суспільства та економіки не можуть бути реалізовані без активної підтримки й регулювання держави. Однак відсутність чіткої економічної політики на перехідний період не сприяє швидкому виходу з еколого-економічної кризи. Для розв'язання оптимальних еколого-економічних проблем у цілому необхідні конструктивні системоорганізуючі функції держави. Складність формування відповідного механізму полягає в тому, що держава має чітко визначитися у своїй ролі, компетенції та відповідальності за створення екологобезпечного виробництва й розв'язання екологічних проблем, а також у частині відповідальності, яку вона делегує органам самоврядування та структурам управління на місцях. Розподіл компетенції має виходити з принципово нових для вітчизняної економічної ментальності схем взаємодії основних господарських ланок у ринковій економіці. Цілеспрямований вплив держави повинен сприяти зміні економічних відносин і явищ відповідно до вимог перехідного періоду. Планування й прогнозування соціально-економічних перетворень стосовно екологічних проблем має базуватися на точних розрахунках потреб та їх ресурсному забезпеченні. Врахування екологічних факторів як однієї з цілей економічної політики повинно виходити за межі звичайних правил безпеки, правил виділення різних санітарних зон чи боротьби з конкретними видами та проявами забруднення довкілля [105]. Отже, проблеми оптимальної еколого-оптимізаційної політики потребують широкого й системного підходу.

Узгодження економічного розвитку та екологічних можливостей здійсненне (і здійснюється) через координацію цілей виробництва і господарського розвитку з екологічними закономірностями зведенням до мінімуму негативної дії економічного розвитку на довкілля. Тому необхідними є суспільні обмеження максимізації доходів як мотив ведення господарської діяльності, оскільки вона може призвести до порушення екологічної рівноваги і стати перепорою на шляху захисту довкілля. Координування розвитку продуктивних сил та їх використання відповідно до екологічних вимог здійснюється у результаті такого використання продуктивних сил, за якого у процесі виробництва унеможливується нераціональне споживання природних ресурсів і створюються матеріали, що можуть бути повторно використані у виробництві. Це зводить до мінімуму і дає змогу тримати під контролем порушення екологічної рівноваги, сприяє гуманізації становища людини в суспільстві і є істотним чинником такої гуманізації.

У процесах прийняття економіко-суспільних рішень щодо забезпечення оптимальних умов становлення і нормального функціонування еколого-безпечного і ресурсощадного матеріального виробництва мають бути тісно інтегровані економічні та екологічні аспекти, вироблені спільні понятійно-категоріальні підходи. Існують два принципово різні напрями еколого-економічної оптимізації. Перший, як проміжний – умовно-чисті технології, поряд з основним виробництвом створюються спеціальні очисні споруди для знешкодження відходів та їх переробки. При цьому значно дорожчає виробництво основної продукції. Другий, як мета, якісно вищий, але менш поширений - маловідходні та безвідходні технологічні процеси (відходи, що виникають, заздалегідь включаються в єдиний виробничий ланцюг послідовного використання) [107-108]. Розвитку цих процесів повинна слугувати неминуха модернізація цілей і засобів державної еколого-

економічної політики, організаційно-управлінських структур її здійснення на всіх рівнях. Сучасний соціально-економічний розвиток об'єктивно вже не може керуватися лише економічними пріоритетами та критеріями оцінки. Для стабілізації, а відтак поліпшення екологічної ситуації важливо враховувати соціально-екологічні орієнтири, націлені на досягнення еколого-економічного збалансування суспільного виробництва та всіх його ланок. При таких умовах необхідна нова система цінностей суспільства, зміна цільових установок його стратегії розвитку. Пріоритетними є соціо-екологічні аспекти, переорієнтація на вибір сучасних критеріїв розвитку та оцінки ефективності економічного зростання. Замість традиційної моделі економічної ефективності актуальним стає запровадження критерію соціально-еколого-економічної ефективності, що дає змогу повніше враховувати цілі суспільного розвитку, найближчі та віддалені соціально-екологічні наслідки економічних рішень. У контексті такої державної політики може бути реалізовано принцип екологічного пріоритету в господарських рішеннях, якщо ці рішення допускають можливість його вибору. При цьому стан довкілля є чинником, який визначає рівень екологічного потенціалу і від якого значною мірою залежать довготермінові темпи зростання економіки країни та можливості піднесення її національного добробуту.

Сучасна теорія, нагромаджений вітчизняний досвід формують основи для побудови теоретичних і методологічних засад визначення стратегії та політики сталого розвитку України та її регіонів. Відповідні дослідження було активізовано в період незалежності України. Вагомий вклад у розвиток цих ідей зроблено відомими українськими вченими – такими, як В.І.Вернадський, С.І.Дорогунцов, М.І. Долішній, О.І.Амоша, В.М.Геєць, В.В.Волошин, В.С.Кравців, О.М.Онищенко, Б.Я.Панасюк, В.М.Трегобчук, А.С.Філіпенко, М.Г.Чумаченко та ін. Основними науковими напрямками, над

якими працюють українські дослідники, є розробка стратегії сталого розвитку України та шляхів її реалізації, визначення місця й ролі екологічного аспекту в системі факторів, які впливають на сталість розвитку держави та її національної безпеки; дослідження проблем реструктуризації економіки у контексті сталого розвитку.

У різних теоретичних моделях і концепціях [108-109] питання взаємодії у системі “суспільство–виробництво–природа“ фактично зводяться до суто прагматичної дилеми: або економічне зростання, або екологічна безпека. Слід зазначити, що взаємозалежність між рівнем економічного розвитку і екологічною безпекою проявляється через надзвичайно складні та суперечливі зв'язки. Саме тому погляди вчених на цю проблему істотно різняться. Аналіз наукових досліджень даних проблем дозволяє виділити три напрями теоретичних підходів до їх розв'язання [110].

До першого напрямку можна віднести спеціалістів у сфері кібернетики (Д.Медоуз, Г. Тейлор, М.Мойсєєв та ін.), які негативно ставляться до соціально-економічного зростання з огляду на необхідність екологічної стабілізації і пропонують скоротити виробництва, що негативно впливають на навколишнє середовище. На нашу думку з подібними поглядами важко погодитися.

Другий напрям представляють прихильники соціально-економічного зростання (Р.Барр, К.Дойч, У.Дженкс, К.Кольхаас), які вважають за можливе подолати екологічну кризу синхронно із забезпеченням соціально-економічного розвитку. Причому, на їх думку, діючі ринкові механізми мають бути доповнені різними видами державного регулювання у сфері природокористування. Правда, щодо останнього, то серед представників цього напрямку існують певні розбіжності у поглядах. Одна група вчених (У.Баумоль, Д.Макінтош, Р.Солоу, Ф.Сміт, Т.Тітенберг та ін.) віддає перевагу економічним інструментам ринкового регулювання екологічної

безпеки. Інша група вчених є прихильниками системи державних інститутів у регулюванні екологічної безпеки (Дж.Гелбрейт, М.Ельшлегер, Р.Неш, Ж.Севедж, Д. Хелінг та ін.).

Третій напрям об'єднує представників різних шкіл і течій, імперативним ядром яких є ідея створення “альтернативної моделі розвитку й способу життя”. Значну увагу вони приділяють соціальному аспекту екологічних проблем. Думки вчених розділилися. Е.Ольсен, У.Педдок вважають, що суспільство не здатне зупинити економічне зростання, оскільки це може викликати різке посилення впливу на природу, що лише загострить екологічну ситуацію. З точки зору К.Боулдінга, М.Ельшлегера, Д.Медоуза та ін., порятунком від екологічної катастрофи може стати тільки економічна стагнація, із поступовим переходом до звуженого відтворення. Дж.Гелбрейт, У.Ростоу, та ін., виступають за збереження економічного зростання на основі його якісно нових “соціалізованих” критеріїв. У.Беккерман, Н.Джекобі, У.Нордхауз вважають економічне зростання обов'язковим засобом вирішення соціальних, економічних і екологічних проблем.

В останні роки з'явилися і так звані “екстремістські” еколого-економічні концепції. Нездатність досягти радикальних змін у відносинах між економікою й охороною навколишнього середовища викликала появу концепції екотопії. Це в чистому вигляді теорія всякого обмеження економічного розвитку, це навіть не “нульове зростання” Д.Медоуза, а скоріше – мінусове зростання. Основними напрямками цієї теорії є повернення до природи, прості технології, відмова від науково-технічного прогресу, який, мовляв, лише руйнує навколишнє середовище.

Отже, спільною домінантою існуючих теоретичних підходів до питання оптимізації взаємодії суспільства й природи є визнання факту зростання антропогенного навантаження на природне середовище, тобто –

зменшення асиміляційного потенціалу екосистеми, зниження рівня її здатності до самовідтворення. Наукове обґрунтування вищесказаного та всестороннє вивчення проблем сталого розвитку неминуче приводить нас до математичного моделювання як одного з найбільш доступних, ефективних, економних і загальноприйнятих методів досліджень. На сьогодні ми маємо два основних напрями побудови еколого-економічних моделей. Перший напрям передбачає врахування екологічного фактора в економіко-математичних моделях. Моделі цього класу, зберігаючи традиційну структуру економіко-математичних моделей, як правило, це системи опуклих або навіть лінійних рівнянь та нерівностей, містять додаткові змінні та зв'язки, що характеризують екологічну підсистему. Власне ці природні процеси, що визначають динаміку екосистем, в моделі не описуються або описуються зі значно меншим ступенем деталізації, ніж природничо-економічна діяльність. Однією з класичних представників моделей цього класу є міжгалузева балансова модель Леонтьєва — Д. Форда [111]. Аналіз Леонтьєва став концептуальним аналізом та прикладною методикою у еколого-економічних розрахунках.

В окремих випадках переходу до еколого-економічних моделей за основу беруться моделі математичної екології. Антропогенна діяльність розглядається як екзогенний вплив на екосистему. Найпоширенішими представниками даного класу моделей виступають моделі оптимальної експлуатації природних ресурсів. Досвід, нагромаджений при узагальненні моделей математичної економіки та математичної екології, дав змогу перейти до побудови комплексних еколого-економічних моделей, до складу яких входять два основних блоки, що описують економічні та екологічні процеси. При цьому кожний блок обов'язково містить рівняння, які пов'язують змінні екологічної та економічної підсистем між собою.

За своєю структурою еколого-економічні моделі можна розділити на три класи: балансові моделі, оптимізаційні моделі та імітаційні моделі [110,112-113].

До балансових моделей належить, наприклад, міжгалузева модель Леонт'єва-Форда впливу структури економіки на навколишнє середовище, а також її узагальнення. До імітаційних моделей належить проект Дж.Форрестера [114-115], в якому зроблена спроба проаналізувати взаємодію трьох систем; демографічної, індустріальної та аграрної. Провідна ідея цієї моделі - рівновага між суспільством і природою в глобальному масштабі. Розвитком імітаційної моделі Форрестера є багатогалузева імітаційна модель Д. Медоуз та ін. [116]. Основним питанням в оптимізаційних моделях є формування критерію оптимальності для еколого-економічної системи. Наприклад, у [117] автори за критерій оптимальності прийняли умову рівноваги між збалансованим зростанням економіки та станом біосфери.

До середини 1980-х років існувало більш як 15 глобальних прогнозів, що одержали назву "моделей світу". Основоположником і ідейним батьком глобального прогнозування на основі системного аналізу по праву вважається американський учений Д. Форрестер, безсумнівною заслугою якого є спроба використовувати математичні методи й ЕОМ для створення варіанту моделі економічного розвитку суспільства з врахуванням двох найважливіших факторів - чисельності населення й забруднення середовища. Значення своєї роботи Дж. Форрестер бачив у тім, що вона "буде сприяти виникненню відчуття необхідності невідкладного рішення існуючих проблем і вкаже на ефективний напрямок роботи для тих, хто зважиться досліджувати альтернативи майбутнього". У Дж.Форрестера дійсно виявилися послідовники. З'явився перший глобальний прогноз, автори якого під керівництвом Д. Медоуза побудували динамічну модель світу, де в якості вихідних даних уключили населення, капіталовкладення (фонди), земний

простір, забруднення, використання природних ресурсів. Висновки авторів зводилися до наступного: якщо збережуться існуючі тенденції і темпи розвитку економіки і росту народонаселення, то людство неминуче повинно прийти до глобальної екологічної катастрофи, тобто потрібно звести до нуля ріст народонаселення й виробництва. Однак ці пропозиції авторів моделі нереальні, неприйнятні, та й просто утопічні, але дали поштовх для розвитку антинаукових і антигуманних теорій, сприяли різкому спалаху всякого роду неомальтузіанських і геополітичних міркувань. Не випадково вже наступна модель М. Месаровича і Є. Пестеля - була значно більш обґрунтованою. І справа не тільки в тім, що в ній комплексний взаємозв'язок економічних, соціальних і політичних процесів, стан навколишнього середовища і природних ресурсів представлена як складна багаторівнева ієрархічна система. Автори спробували подивитися на світ не як на щось аморфно-ціле, а як на систему відмінних один від одного, але взаємодіючих регіонів. Висновки авторів цієї моделі більш оптимістичні, ніж попередньої. Але також далеко від реальностей сучасного світу [112].

Поступово моделі ставали усе більш конкретними, а проблеми - більш цільними. На сьогоднішній день методологічні принципи, техніка, методика сучасного глобального прогнозування незмірно ускладнилися. У нових умовах потреб, що загострилися, у перебуванні ефективних способів цілеспрямованого впливу на процеси взаємодії людини й біосфери постають задачі розробки конкретних прогнозів майбутнього людства, формування конкретних науково обґрунтованих уявлень про основні можливі тенденції розвитку людства. Істотно те, що результати такого прогнозування спектра можливостей “повинні бути сформульовані не тільки мовою теорії, але і мовою управлінської практики”. Тому “нагальна потреба” у створенні системи глобального прогнозування із самого початку повинна осмислюватися з урахуванням світової практики управління надскладними

системами і відповідно як необхідність створення “людино-машинної системи”, тобто автоматизованої інформаційно-прогнозуючої системи.

Оскільки основним джерелом забруднення середовища являється сучасне виробництво, то актуальною постає задача вивчення можливостей установлення контролю над забрудненням навколишнього середовища. Потрібне продукування нових ідей і зниження рівня екологічного забруднення у виробництві товарів і виконанні робіт, сприяння процесу проектування й виробництва нових, екологічно чистих товарів, здійснення відповідних дослідно-конструкторських розробок; упровадження якісно та сутнісно нових форм і методів організації виробництва, недопущення забруднення довкілля або його нейтралізацію; найефективніше використання існуючої екологічної техніки й технологій та впровадження досконалішої, раціональне розпорядження екологічними фондами.

Після того як екологія здобула домінуючий статус у системі суспільних цінностей, виробництво вже не могло обійтись без відображення екологічної політики в довгострокових планах. Питання полягає не в тому, чи враховувати чи не враховувати даний фактор, оскільки загально признано, що він впливає на багато економічних параметрів виробництва, а втім, яким чином робити це найбільш раціонально.

Послідовна природоохоронна позиція виробничого менеджменту потребує поступової “екологізації” всього виробничого процесу й екологічної оптимізації життєвого циклу (сировина, виробництво, збут, знищення відходів) [118]. В основу екологічної оптимізації повинні включатися і кількісні оцінки збитків від забруднення природного середовища [119]. Поведінка підприємства в області захисту навколишнього середовища може дати йому реальний шанс для закріплення свого положення на ринку. Щоби його ефективно використати, підприємство повинно опиратися як на оцінку зовнішніх умов, так і на внутрішню

стратегію в області виробництва. Важливим етапом для правильного відображення ролі виробництва в екологічній перспективі є розуміння його як екологічної субсистеми, тобто до уваги беруться не тільки процеси виготовлення продукції, а і викликані ними екологічні процеси нанесення збитків. При цьому важливо розглядати три елементи:

- виробничий процес;
- концепцію екологічного життєвого циклу продукції;
- екологічні цілі підприємства.

При інтерпретації підприємства як економічної субсистеми [118], в якості головних факторів виробництва на вході є праця, капітал, земля й ноу-хау, що трансформуються в продукти. В рамках екологічної перспективи на вході в субсистему є природні ресурси, на виході, окрім продукції, - викиди, відходи, ризики, збитки.

До числа найважливіших цілей підприємства як екологічної субсистеми можна віднести:

- економне використання ресурсів;
- обмеження викидів (тобто запобігання або зменшення проникнення шкідливих речовин у навколишнє середовище на виході із субсистеми);
- скорочення відходів – зниження їх кількості, переробка та повторне використання;
- виробництво екологічно безпечної продукції, яка з точки зору викидів і відходів володіє низькою часткою ризику.

Критерієм успіху служить еколого-економічна ефективність діяльності підприємства. Тому через велике практичне значення природоохоронних вимог виникає потреба в розробці загальної концепції екологічного менеджменту, що дозволить оптимально розподілити управлінські рішення в цій сфері на різних рівнях управління.

Враховуючи високий рівень кореляції динаміки зміни стану навколишнього середовища з тенденціями розвитку господарства в регіоні можна запропонувати наступний алгоритм пошуку варіантів оптимального економічного розвитку:

- вибір критерію стану навколишнього середовища;
- визначення граничних значень параметрів антропогенного впливу;
- кількісна оцінка стану та прогноз змін природного середовища під впливом господарської діяльності;
- розробка рекомендацій по вживанню заходів, що попереджають або нейтралізують екологічно небезпечні ситуації;
- оцінка можливих тенденцій розвитку з погляду економічної доцільності та екологічної безпеки;
- вибір тенденцій розвитку на основі критеріїв оптимізації.

Для постановки та аналізу подібних задач теорія виробництва послуговується виробничими моделями, в яких взаємозв'язок між обсягом випуску продукції й кількістю затрачених ресурсів формалізується за допомогою технологій або побудованих на їх основі ВФ. Задача побудови ВФ еколого-економічної взаємодії, які дають можливість оцінити корисність еколого-економічного розвитку, прямо зв'язана з науковим вивченням процесів екологізації економіки та сталого розвитку. Модель еколого-економічної ВФ або еколого-економічної функції (ЕЕФ), завдяки врахуванню економічної і екологічної підсистем, а також їх взаємозв'язків, здатна дати відповідь на питання: як вплине запровадження будь-якого механізму управління природокористуванням на економічний розвиток [120,121,122-127,128-130].

3.2. Моделювання еколого-економічних функцій структурного типу

Для побудови ЕЕФ та встановлення їх властивостей розглянемо модель виробничого процесу у вигляді задачі математичного (лінійного) програмування. Ця модель виявляється достатньо гнучкою щоб на її основі будувати змістовну математичну теорію. Зокрема, ця модель зберігає свою структуру при агрегуванні технологій. Проблема агрегування технологічних процесів виробництва продукції та агрегування технологічних процесів утилізації відходів є проблемою побудови еколого-економічних виробничих функцій, що показують результати виробничої діяльності в залежності від наявних матеріальних та загальних ресурсів і заданих лімітів на випуски забруднювачів. Це дозволить визначити елементи, функціонування яких робить найбільший вплив на навколишнє середовище, досліджувати поведінку системи під впливом тих або інших зовнішніх факторів і знайти оптимальний у певному розумінні режим функціонування системи.

Для побудови ЕЕФ будемо вважати, що задіяні ринкові механізми досконалої конкуренції, які забезпечують ефективне використання наявних ресурсів. Мета кожного виробника максимізувати власний прибуток, захопити максимально можливу частку ринку, підвищити конкурентоспроможність продукції при заданих цінах на продукцію, на екологічні послуги та цінах на виробничі фактори. Якщо при цьому припустити, що характерний час зміни потужностей виробництв, функцій попиту на їх продукцію та послуги, функцій пропозиції виробничих факторів набагато більший характерного часу становлення рівноважних цін, можна вважати, що виробництво максимізує прибуток при заданих потужностях та заданих обсягах первинних ресурсів. Розглянемо деякі моделі еколого-виробничого менеджменту - моделі оптимальної організації виробництва з

урахуванням боротьби із забрудненням. При цьому мається на увазі орієнтоване на ринок виробництво, яке при випуску продукції керується принципом доходності у формі максимального прибутку.

Отже, припускається, що все виробництво ділиться на дві групи підрозділів: підрозділи матеріального виробництва (основне виробництво) і підрозділи, що знищують шкідливі відходи (допоміжне виробництво).

Нехай $x \in \mathbb{R}_+^n$, як і раніше, вектор валового (основного) випуску продукції; $z \in \mathbb{R}_+^m$ – вектор знищених забруднювачів;

$A = (a_{ij})_{i,j=1}^n$ - квадратна матриця затрат продукції i на випуск одиниці продукції j ; $B = (b_{il})_{i,l=1}^{n,m}$ прямокутна матриця затрат продукції i на знешкодження одиниці забруднювачів l ;

$C = (c_{lj})_{l,j=1}^{m,n}$ - прямокутна матриця випуску забруднювачів l під час випуску одиниці продукції j ; $D = (d_{ls})_{l,s=1}^m$ - квадратна матриця випуску забруднювачів l при знищенні одиниці забруднювачів s ; $r, R \in \mathbb{R}_+^n$ - вектори мінімально та максимально можливих обсягів виробничих ресурсів; $g, G \in \mathbb{R}_+^m$ - відповідно вектори незнищеного забруднення та максимально допустимого виробленого забруднення.

У прикладних моделях номенклатура знищуваних забруднювачів менша за номенклатуру існуючих забруднювачів. Розширення першої відбувається тоді, коли концентрація нових забруднювачів стає істотною з точки зору умов життєдіяльності або виробництва та коли створюються технічні й економічні можливості для боротьби з існуючими забруднювачами.

Усі матриці та вектори складаються з невід'ємних елементів, а $p \in \mathbb{R}_+^n$ і $q \in \mathbb{R}_+^m$ - вектори питомих оцінок відповідно основної та допоміжної продукції (наприклад, p – вектор питомого прибутку від

реалізованої основної продукції, а q вектор питомих затрат на знищення забруднювачів). Тоді, вважаючи, що сумарні виробничі витрати на виробництво основної продукції й знищення забруднювачів не перевищують максимально допустимих обсягів виробничих ресурсів, а вектор незнищених забруднювачів не перевищує всього виробленого забруднення, причому критерієм виробництва є максимізація кінцевого прибутку, отримаємо наступну еколого-економічну модель:

$$\begin{cases} \langle p, x \rangle - \langle q, z \rangle \mapsto \max, \\ (x, z) \in X_5(R, g) \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\text{де } X_5(R, g) = \{x \in \mathbb{R}_+^n, z \in \mathbb{R}_+^m \mid Ax + Bz \leq R, \quad Cx + Dz \geq g\}.$$

Якщо компоненти векторів R і g є параметрами, то легко дійти до висновку, що (3.1) неявно задає функцію

$$F_5: \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^m \mapsto \mathbb{R}, \quad (3.2)$$

яка кожному набору $(R, G) \in \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^m$ ставить у відповідність

$$\langle p, x^*(R, g) \rangle - \langle q, z^*(R, g) \rangle \in \mathbb{R},$$

де $(x^*(R, g), z^*(R, g))$ - розв'язок задачі (3.1) при заданих R і g . Функція (3.2) визначена у області

$$O_5 = \{R \in \mathbb{R}_+^n, \quad g \in \mathbb{R}_+^m \mid X_5(R, g) \neq \emptyset\}.$$

Властивості функції F_5 уточнюються у твердженні 3.1.

Твердження 3.1. Функція F_5 у області O_5 є угнутою, неперервною у всіх внутрішніх точках, монотонно неспадною по компонентах вектора R і монотонно незростаючою по компонентам вектора g , а також додатно однорідною і в загальному випадку кусково-лінійною.

Твердження 3.1 доводиться тим шляхом, що й аналогічні твердження у розділі 2. Наприклад, властивість монотонності встановлюється так. Нехай

$$g^{(2)} > g^{(1)}, R^{(2)} > R^{(1)} \text{ та } (R^{(1)}, g^{(1)}), (R^{(2)}, g^{(2)}) \in O_5.$$

Оскільки $Ax + Bz \leq R^{(1)}, Cx + Dz \geq g^{(1)}$, то

$$X_5(R^{(1)}, g) \subset X_5(R^{(2)}, g), X_5(R, g^{(2)}) \subset X_5(R, g^{(1)}).$$

Із останніх включень випливає що

$$F_5(R^{(1)}, g) \leq F_5(R^{(2)}, g), F_5(R, g^{(1)}) \geq F_5(R, g^{(2)}),$$

тобто функція F_5 монотонно не спадає по компонентах вектора R та монотонно не зростає по компонентах вектора g , до чого власне ми і прагнули дійти.

Обґрунтування інших властивостей також приводить нас до уже сформульованих вище результатів.

Зазначимо, що критерієм оптимізаційної моделі (3.1) фактично є корисність процесу еколого-економічної взаємодії. ЕЕФ (3.2) правильно відображає цю корисність. Зокрема, зростання наявних виробничих ресурсів

та спадання обсягів незнищених забруднювачів однозначно збільшує корисність, що відображає поставлену перед нами мету.

Часто є сенс будувати структурні оптимізаційні моделі із двосторонніми обмеженнями. Наприклад, врахування екологічних складових у моделі оптимальної організації виробничого процесу можна формалізувати так [129]:

$$\begin{cases} \langle p, x \rangle - \langle g, z \rangle \mapsto \max, \\ (x, z) \in X_6(R, g, r, G), \end{cases} \quad (3.3)$$

де $X_6(R, g, r, G) = \{x \in \mathbb{R}_+^n, z \in \mathbb{R}_+^m / r \leq Ax \leq R, g \leq Cz \leq G\}$, $r \in \mathbb{R}_+^n$ –

вектор мінімально допустимих обсягів виробничих ресурсів, $G \in \mathbb{R}_+^m$ – вектор максимально допустимих обсягів виробленого забруднення, а вектори R, g і матриці A, B, C, D визначені раніше.

Очевидно, що при заданих A, B, C, D, p, q і параметрах R, g, r, G , задача (3.3) задає неявно функцію

$$F_6 : \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^m \times \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^m \mapsto \mathbb{R}, \quad (3.4)$$

яка кожному допустимому набору (R, g, r, G) ставить у відповідність максимальне значення

$$\langle p, x^*(R, g, r, G) \rangle - \langle q, z^*(R, g, r, G) \rangle,$$

де $(x^*(R, g, r, G), z^*(R, g, r, G))$ – розв'язок задачі (3.3) при заданих R, g, r, G .

Функція (3.4) визначена у області

$$O_6 = \{ R, r \in \mathbb{R}_+^n, G, g \in \mathbb{R}_+^m / X_6(R, g, r, G) \neq \emptyset \}.$$

Стосовно властивостей функції F_6 справедливе наступне твердження.

Твердження 3.2. Функція F_6 в області O_6 є угнутою, неперервною у всіх внутрішніх точках, монотонно неспадною по компонентах векторів R, G і монотонно незростаючою по компонентах векторів r, g , додатно однорідною і в загальному випадку кусково-лінійною.

Твердження 3.2 доводиться з використанням аналогічних міркувань, до тих, що були викладені у розділі 2.

3.3. Побудова аналітичних моделей еколого-економічних функцій

Алгоритм побудови функцій F_5 і F_6 у явній аналітичній формі аналогічний до вище описаних. З метою побудови функції F_5 випишемо до задачі (3.1) двоїсту

$$\begin{cases} \langle R, \lambda^{(R)} \rangle - \langle g, \lambda^{(g)} \rangle \mapsto \min, \\ (\lambda^{(R)}, \lambda^{(g)}) \in \Lambda_5, \end{cases} \quad (3.5)$$

де

$\Lambda_5 = \{ \lambda^{(R)} \in \mathbb{R}_+^n, \lambda^{(g)} \in \mathbb{R}_+^m / A^T \lambda^{(R)} - C^T \lambda^{(g)} \geq p, B^T \lambda^{(R)} - D^T \lambda^{(g)} \geq -q \}$, $\lambda^{(R)}, \lambda^{(g)}$ – вектори відповідних двоїстих змінних.

Приклад 3.1.

$$n = m = 2,$$

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}, C = (4 \quad 4), D = 5, p = (1 \quad 3)^T, q = 1.$$

Маємо такі результати:

$$k = 3, (\lambda_1^{(R,1)}, \lambda_2^{(R,1)}, \lambda^{(g,1)}) = (3, 4, 3)^T, (\lambda_1^{(R,2)}, \lambda_2^{(R,2)}, \lambda^{(g,2)}) = (3, 0, 0)^T, \quad ($$

$$\lambda_1^{(R,3)}, \lambda_2^{(R,3)}, \lambda^{(g,3)}) = (0, 1, 0)^T,$$

$$O_1 = \{R, g \mid 0.5g \leq 0.875R_1 + 0.375R_2; 0.5g \leq 0.375R_1 + 0.875R_2; R_1 + R_2 \leq g\},$$

$$O_2 = \{R, g \mid 3R_1 \leq R_2; g \leq 4R_1\},$$

$$O_3 = \{R, g \mid g \leq R_1 + R_2; 0.5R_2 \leq 0.375g; 0.125g \leq 0.5R_2\},$$

Функція (3.7) у даному випадку матиме вигляд:

$$F(R, g) = \begin{cases} 3R_1 + 4R_2 - 3g, & (R, g) \in O_1, \\ 3R_1, & (R, g) \in O_2, \\ 3R_2, & (R, g) \in O_3. \end{cases}$$

Продовжуючи попередні викладення, зупинимось коротко на побудові у явному аналітичному вигляді функції F_6 . Алгоритм побудови функції F_6 реалізується з допомогою (3.3) з врахуванням відомих тверджень двоїстості. При цьому двоїстою до (3.3) є задача

$$\begin{cases} \langle R, \lambda^{(R)} \rangle - \langle r, \lambda^{(r)} \rangle + \langle G, \lambda^{(G)} \rangle - \langle g, \lambda^{(g)} \rangle \mapsto \min, \\ (\lambda^{(R)}, \lambda^{(r)}, \lambda^{(G)}, \lambda^{(g)}) \in \Lambda_6, \end{cases} \quad (3.8)$$

де

$$\Lambda_6 = \left\{ \lambda^{(R)}, \lambda^{(r)} \in \mathbb{R}_+^n; \lambda^{(G)}, \lambda^{(g)} \in \mathbb{R}_+^m / A^T \lambda^{(R)} - A^T \lambda^{(r)} + \right. \\ \left. + C^T \lambda^{(G)} - C^T \lambda^{(g)} \geq p, B^T \lambda^{(R)} - B^T \lambda^{(r)} + D^T \lambda^{(G)} - D^T \lambda^{(g)} \geq -q \right\},$$

$\lambda^{(R)}, \lambda^{(r)}, \lambda^{(G)}, \lambda^{(g)}$ – вектори відповідних двоїстих змінних.

Якщо $(x^*(R, g, r, G), z^*(R, g, r, G))$ та $(\lambda^{(R)*}, \lambda^{(g)*}, \lambda^{(r)*}, \lambda^{(G)*})$ – відповідно оптимальні розв'язки пари двоїстих задач (3.3) і (3.8), то

$$\langle p, x^*(R, g, r, G) \rangle - \langle q, z^*(R, g, r, G) \rangle = \langle R, \lambda^{(R)*} \rangle - \langle r, \lambda^{(r)*} \rangle + \\ \langle G, \lambda^{(G)*} \rangle - \langle g, \lambda^{(g)*} \rangle. \quad (3.9)$$

Знайшовши опорні розв'язки системи

$$\begin{cases} A^T \lambda^{(R)} - A^T \lambda^{(r)} + C^T \lambda^{(G)} - C^T \lambda^{(g)} - \mu = p, \\ B^T \lambda^{(R)} - B^T \lambda^{(r)} + D^T \lambda^{(G)} - D^T \lambda^{(g)} - \nu = -q, \end{cases}$$

де $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$, $\nu = (\nu_1, \dots, \nu_m)^T$ – як і раніше допоміжні невід'ємні вектори, та врахувавши співвідношення двоїстості (3.9) можна побудувати функцію F_6 у явному аналітичному вигляді.

Очевидно, процес побудови ЕЕФ – це ітераційний процес, що включає в себе аналіз виробництва і комунального господарства, спостереження за станом навколишнього середовища і чисельні експерименти на ЕОМ. Кожний крок запропонованого алгоритму припускає наявність об'єктивної інформації про результати поточної господарської діяльності, стан природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища, відхилення поточного або прогнозованого екологічного стану середовища від норми,

іншими словами, в описаних умовах існування важливих проблем взаємодії соціуму з навколишнім середовищем, недосконалої структури господарства, інтенсивного використання ресурсів, що відтворюються та не відтворюються, і практично неконтрольованого забруднення навколишнього середовища необхідно створити систему моніторингу. З погляду поставлених у дослідженні задач, системний моніторинг є інформаційною системою, основними функціями якої є спостереження за змінами параметрів природно-економічного комплексу з метою оцінки його стану та прогнозування господарського розвитку. Моніторинг включає джерела екологічної інформації, бази й банки даних, а також банк моделей для оцінки стану та прогнозування еколого-економічної ситуації. Конкретний вигляд критеріальної функції показує особливості функціонування окремих блоків і елементів моніторингу при наборі різноманітних обмежень.

Висновки до розділу 3

1. Проблеми забруднення навколишнього середовища, пов'язані з необґрунтованим збільшенням обсягів природних ресурсів, задіяних у виробництві, та обсягами і різноманітністю неконтрольованих виробничих відходів, що забруднюють довкілля, ставлять перед суспільством актуальні завдання з екологізації виробництва й економіки у цілому. Це означає, що сукупність виробничих факторів у реальних виробничих процесах слід доповнити екологічними факторами як принципово важливими ресурсами. Як правило, під екологічним фактором розуміють обсяг знешкодженого чи не знешкодженого забруднення, яке обов'язково повинно бути контрольованим і врахованим при прийнятті економічних рішень.

2. Екологізація виробничо-технологічних процесів перш за все потребує глибоко наукового аналізу з метою розробки відповідного інструментарію раціонального управління ними. Це актуалізує методологію економіко-математичного моделювання еколого-економічної взаємодії, зокрема, побудову моделей залежності результату виробництва не лише від виробничих, але й екологічних ресурсів. Однією з таких моделей є модель ЕЕФ, яка запропонована у даному розділі, і дозволяє оцінити як допустиму область, так і суспільну корисність еколого-економічного балансу виробництва.

ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНОГО ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ПРИ ПОБУДОВІ ПРИКЛАДНИХ ЕКОНОМІКО- МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

4.1. Комп'ютерний моніторинг результатів моделювання функцій оптимальних випусків

За алгоритмом побудови функцій оптимальних випусків у явному аналітичному вигляді розроблена комп'ютерна програма мовою C++ Builder для операційної системи Windows (Додатки А1-А4). В цій програмі реалізовано запропонований алгоритм для шести типів оптимізаційних задач:

- моделі ВФМКВ та ВФМНВ, що задаються задачами лінійного програмування при дослідженні на максимум або мінімум;
- моделі ВФ оптимальних випусків у випадку двосторонніх лінійних технологічних обмежень, заданих задачами лінійного програмування з двосторонніми обмеженнями (при дослідженні на максимум та мінімум);
- моделі еколого-економічної оптимізації при дослідженні на максимум або мінімум.

Як відомо, для побудови оптимізаційних ВФ необхідно визначити всі кутові точки (або вершини) допустимої множини, що зводиться до задачі знаходження опорних розв'язків системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Для розв'язання цієї задачі застосовано модифікований метод Жордана-Гаусса, який власне є основою симплексного методу розв'язування задач лінійного програмування [131-133] (головний елемент вибирається за допомогою симплекс-перетворень).

В більшості випадків, у оптимізаційних задачах, побудованих на основі реальних даних, виникають системи великих розмірностей або погано обумовлені системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Якщо початкові дані, за якими формується задача оптимізації, призводили до виникнення таких задач, тоді при розв'язуванні системи лінійних алгебраїчних рівнянь було

застосовано QR-алгоритм (алгоритм Гівенса) [134], що дозволяє розпаралелення і тим самим прискорює швидкодію знаходження розв'язку. Структура програмного забезпечення QR-алгоритму відображена у додатку А4.

Для управління такою оптимізаційною моделлю розроблено людино-машинний діалоговий інтерфейс на основі графічного інтерфейсу прикладної програми для операційної системи Windows. За основу інтерфейсу прикладної програми взято діалогове вікно з системним меню, панелью управління та трьома закладками (рис. 4.1). В системному меню передбачено команди управління моделлю в середовищі операційної системи:

- створення нової моделі (оптимізаційної задачі): «Файл -> Новий»;
- збереження моделі у вигляді файлу спеціального формату: «Файл -> Зберегти»;
- зчитування з файлу попередньо збереженої моделі: «Файл -> Відкрити».

Передбачено також команди управління розв'язком задачі (пункт меню «Розв'язок»).

Кнопки панелі інструментів повторюють ці команди системного меню. Завдяки такому поєднанню різних елементів управління підвищено гнучкість та інтуїтивну зрозумілість інтерфейсу.

При розробці програми для вирішення проблеми управління обчислювальним експериментом застосовано елемент діалогового управління – так звані закладки з роздільним полями відображення та вводу. Завдяки цьому вдалося уникнути багатовіконного інтерфейсу, зберегти простоту управління задачею. У діалогових елементах управління першої закладки задається розмірність матриці, квадратної або довільної прямокутної, розмірність вектора правих частин. Для вибору типу задачі

застосовано випадаючий список (рис. 4.1). У списку типи задач позначено їхнім коротким математичним описом, наприклад « $Ax \leq b, (c, x) \rightarrow \max$ ».

Для вводу матриці технологічних коефіцієнтів та вектора правих частин, що відображають оцінку ресурсів, застосовано бібліотечний елемент управління у формі таблиці відповідного розміру.

Після вводу даних та вибору типу задачі перша закладка (наприклад, для конкретної задачі) набуде вигляду, продемонстрованого на рис. 4.1.

За допомогою пункту меню або кнопки панелі інструментів викликається програма розв'язування задачі.

Form1

Файл Розв'язок

вхідні дані проміжні результати розв'язок

Розмірність матриці 4 3 тип задачі $Zx = b, \min$ 2

	1	2	3
1	0,1	0,2	0,11
2	0,12	0,51	0,21
3	0,21	0,13	0,11
4	0,23	0,18	0,21

$Ax = b$
 $Ax \geq b, (c, x) \rightarrow \min$
 $b \leq Ax \leq B, (c, x) \rightarrow \min$
 $Zx = b, \min$
 $Ax \leq b, (c, x) \rightarrow \max$
 $b \leq Ax \leq B, (c, x) \rightarrow \max$
 $Zx = b, \max$

	C
1	0,8
2	0,74
3	0,62

Рис. 4.1. Головне діалогове вікно програми

При збереженні та зчитуванні файлів моделі викликаються діалогові вікна API-функцій Windows (рис. 4.2 і 4.3).

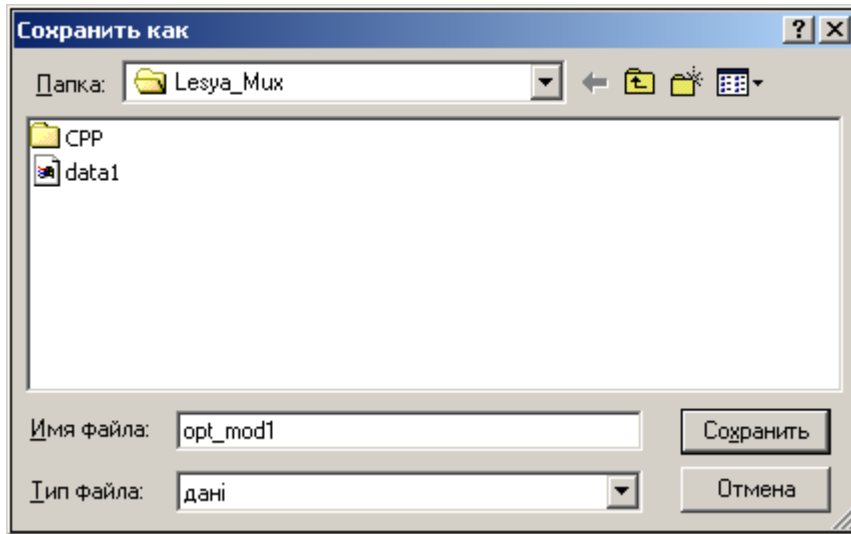


Рис. 4.2. Діалогове вікно збереження файлу з даними задачі

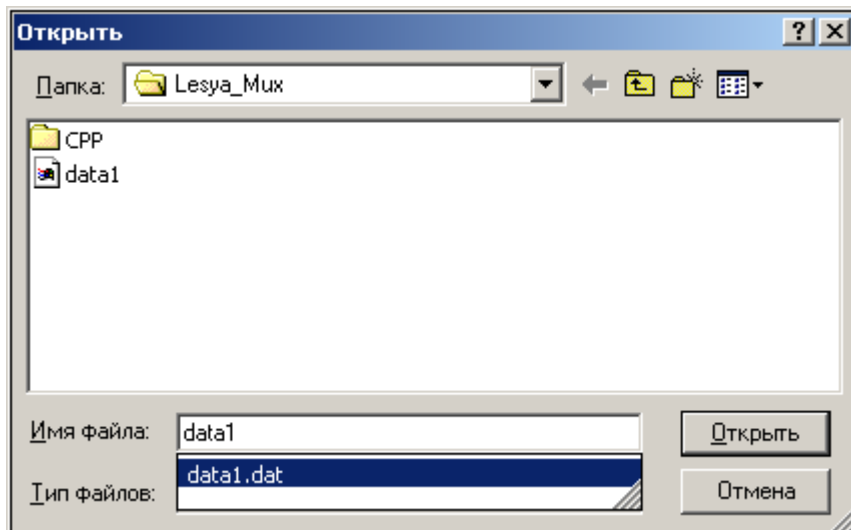


Рис. 4.3. Діалогове вікно відкриття файлу з даними

Для посилення контролю за правильністю постановки задачі та підготовки даних і для додаткової перевірки достовірності отриманого результату передбачено відображення коефіцієнтів матриці та правих частин двоїстої задачі, що відповідає оптимізаційній задачі. Ці коефіцієнти відображено в двох окремих вікнах на закладці «Проміжні результати»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		C
1	0,1	0,12	0,21	0,23	-0,1	-0,12	-0,21	-0,23	-1	0	0		0,8
2	0,2	0,51	0,13	0,18	-0,2	-0,51	-0,13	-0,18	0	-1	0		0,74
3	0,11	0,21	0,11	0,21	-0,11	-0,21	-0,11	-0,21	0	0	-1		0,62

Рис. 4.4. Діалогове вікно відображення проміжних результатів

Результати розв'язування відображено на закладці «Розв'язок» (рис. 4.5).

Зауважимо, що у вікні закладки відображено ті ж дані, що заносяться у файл моделі при її збереженні на диск після розв'язування задачі. В лівому вікні закладки показано опорні розв'язки задачі, які формують матрицю деякої розмірності. Перегляд знайдених опорних розв'язків у діалоговому вікні, з можливістю їхнього копіювання через буфер обміну, а також доступ до них через файлову систему підвищують гнучкість підготовки експертних рішень у формі відповідних паперових документів. У правому вікні закладки відображено ланки лінійності, кожна з яких однозначно визначається відповідним опорним розв'язком. Вони, подібно, як й опорні розв'язки, заносяться у файл моделі, що записуються на диск.

Знайдений опорний розв'язок та відповідна йому ланка функції показано на рис 4.5.

Структурно підпрограми діалогового управління розроблено за технологією зіставлення діалогових елементів управління з відповідними класами, що запропонована фірмою Borland.

Зокрема, діалогове вікно прикладної програми (форма) створено як об'єкт класу користувача Tform1, що породжений від бібліотечного класу TForm:

```
class Tform1 : public Tform {...};
```

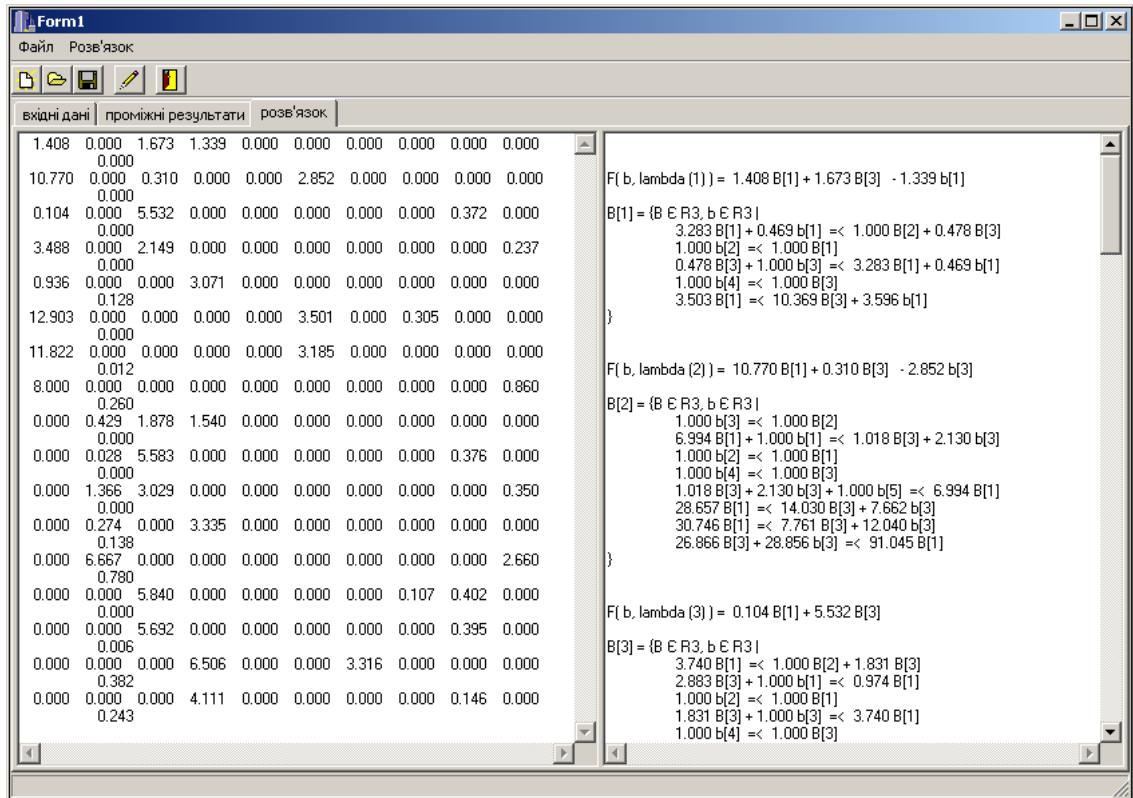


Рис. 4.5. Діалогове вікно відображення кінцевих результатів

Елементи управління, що розміщені в діалоговому вікні, згідно з технологією програмування Borland, є членами-даними класу діалогового вікна – об'єкта типу Tform1.

Для збереження матриці коефіцієнтів та векторів правих частин спроектовано структуру даних, що об'єднують значення елементів матриці та їхні розміри а також структуру, яка містить всі дані для опису задачі лінійного програмування.

```
struct
{
    int m, n; // Розмірність
    double a[maxSize][maxSize]; // Елементи матриці
```



```

        double c[maxSize]; // Вектор правих частин
    } SLAR;
struct
{
    int m, n; // розмірність матриці NхM
    double a[ maxSize ][ maxSize ]; // матриця A
    double c[ maxSize ]; //вектор правих частин
    int basis[ maxSize ]; // базис
    double x[ maxSize ]; // розв'язок
    double b[ maxSize ][ maxSize ]; // аналітичний
розв'язок
    double xr[ maxSize ]; // ???
} LP;

```

Завдяки такому вибору вдалося побудувати простий та ефективний метод управління оптимізаційними задачами, без їхнього ускладнення, пов'язаного із розробкою класів, що відповідають математичним об'єктам та операціями з ними.

Структура програмного забезпечення відображена у структурних схемах приведених у додатках А1-А3.

Розглянуті задачі з матрицями великої розмірності розпаралелюються по даних. Алгоритм задачі розпаралелюється на N процесів, які працюють незалежно і взаємодіють один з одним. Загрузка в систему таких паралельних процесорів визначається відповідними опціями в командній стрічці оператора загрузки. Необхідні N комп'ютерів з потрібною технологією зв'язків задаються як віртуальні (програмно реалізуючі) і не залежать від конкретної системи.

4.2. Моделі виробничих функцій максимального випуску у хлібопекарному виробництві

Для конкретизації моделі з'ясуємо технологічні та організаційні особливості хлібопекарного виробництва.

Хлібопекарна промисловість - це одна з основних галузей харчової промисловості України. Вона є одним із найбільших реципієнтів інвестицій у вітчизняну економіку. В умовах ринкових відносин вона залишилась однією з не багатьох галузей, що зуміла вижити та не поступитися ринком імпортним виробам. На рейки ринкових умов хлібопекарам допомогла перейти приватизація. Нині всі підприємства галузі приватизовані колективами або є власністю вітчизняних та зарубіжних інвесторів.

Хлібопекарне виробництво є масовим потоковим виробництвом із випуском одних і тих самих видів продукції: хліба і хлібобулочних виробів. Слід зазначити, що хлібопекарні вироби – це група харчових продуктів досить широкого асортименту, які розрізняються за рецептурним складом, технологією виробництва і споживчими властивостями. Їх вважають продукцією першої необхідності і вони входять до складу “споживчого кошика“, тому ці вироби, завдяки своїй споживчій привабливості користуються неабияким попитом у населення. А якщо до цього додати, що це продукція, яка наповнює державний бюджет, то стає зрозумілим значення галузі в економіці держави.

Особливостями хлібопекарної промисловості є те, що обсяг виробництва є в постійній залежності від попиту населення, який коливається протягом місяця, тижня, окремої доби. Тому хлібопекарні

повинні щодобово уточняти плани виробництва, як по обсягу, так і по асортименту, в залежності від добової потреби торгівельних організацій. Важливою особливістю хлібопекарної промисловості є і характер та якість готової продукції. Вона не підлягає довготривалому зберіганню, реалізується протягом доби. Технічні вимоги, правила прийому, методи аналізу якості виробів, транспортування та зберігання продукції визначені Державними стандартами. Для цього виробництва характерна також безперервність технологічного процесу. Підприємства хлібопекарної промисловості працюють цілодобово. Кожна зміна має, зазвичай, закінчений цикл виробництва, який завершується відправкою готової продукції на склад. Наявність на підприємствах хлібопекарної промисловості виробничих дільниць із різними типами виробництв, що спеціалізуються на обслуговуванні однорідних технологічних процесів або комплексу різнорідних, проте взаємопов'язаних процесів, обумовлює специфіку витрат на виробництво в кожному цеху. На рівень собівартості готової продукції впливають такі фактори виробництва:

- матеріальні ресурси, що використовуються на технологічні цілі, їх обсяг та заміна структури;
- основні фонди, що застосовуються у виробництві, їх технічний рівень;
- трудові витрати, їх рівень, динаміка і вартісна ємність в собівартості;
- витрати пов'язані з організацією і обслуговуванням виробництва;
- витрати на управління виробництвом.

Що стосується групування витрат, то його, на наш погляд, необхідно будувати таким чином, щоб воно відображало не лише обсяги видів витрат, але й, перш за все, охоплювало обсяг використання конкретних видів

ресурсів за факторами, що визначають виробничий процес, організацію виробництва й управління. Тому, при формуванні витрат ми будемо дотримуватися принципів, які полягають у виділенні в окрему групу витрат на технологічну підготовку і організацію виробництва, розмежування витрат на основне й допоміжне виробництво, групування витрат за центрами відповідальності – бригади, цехи, підприємство.

Суттєвий вплив на виробничий менеджмент у хлібопекарній галузі має технологічна система управління, яка охоплює всі сторони виробничо-господарської діяльності підприємства і забезпечує ефективність його функцій по рівнях ієрархій. У процесі виготовлення хліба і хлібобулочних виробів до борошна додають воду та інші матеріали, види й кількість яких чітко нормується рецептурою на відповідний сорт. У всіх рецептурах уніфікована номенклатура сировини. В них указаний конкретний вид сировини, що використовується. Допускаються також заміни деяких видів сировини, передбачених у рецептурах, іншими видами, харчова цінність яких практично рівноцінна. Такі зміни не призводять до погіршення якості й зниження виходу продукції.

Відпуск матеріалів виробничим підрозділам (цехам, бригадам) повинно здійснюватися в чіткій відповідності до чинних норм витрат борошна і матеріалів із конкретизацією видів виробів, для виробництва яких вони виділені. Виробниче завдання є підставою для розрахунку маси борошна і матеріалів на виконання завдання і документального оформлення відпуску матеріалів із складу у виробництво у відповідності з потребами в них. Нормування витрат борошна на виробництво продукції здійснюється згідно норм виходів. Потреби в інших основних матеріалах (дріжджі, сіль, цукор і ін.) визначаються за нормами на 100 кг борошна згідно чинних рецептур для виробництва кожного найменування й сорту продукції. Наприклад, витяг із збірника рецептур на хліб житній з борошна пшеничного 1-го гатунку і

житнього обдирного відображено у додатку В1. Розрахунок маси борошна і матеріалів, необхідних для виконання змінного виробничого завдання, визначається на кожну наступну добу (Додаток В2).

В даному контексті хлібопекарне підприємство розглядається як система, що має внутрішній стан і взаємодіє з об'єктами зовнішнього середовища. Необхідно зазначити, що таке підприємство, як будь-який керований об'єкт, входить як елемент у велику систему і включає як складові малі системи. Виробнича ситуація - це стан керованої системи, що характеризується кількісними і якісними показниками виходів, входів і основних параметрів процесу, станом елементів і зв'язків системи, умовами зовнішнього середовища. Та або інша аналізована ситуація в управлінні підприємством є завданням для адміністрації та власників і вимагає від них прийняття рішення [135]. Виділивши систему, у межах якої розглядається дана ситуація, можна визначити рівень на якому повинно вирішуватися завдання. Диференціюючи спільну проблему на частини, одержуємо низку малих систем, які її утворюють, і цим забезпечуємо інтегрований характер рішення загального завдання. У цілому, із точки зору системного підходу та теорії прийняття рішень формування виробничої стратегії підприємства складається з наступних етапів [136]:

- планування виробництва;
- розробка альтернативних варіантів ведення виробничої політики;
- розподіл наявних ресурсів;
- вибір найкращого варіанта дії з усіх альтернатив.

При цьому підприємство як система може досліджуватись з точки зору її:

- структури, тобто впорядкування частин системи й потоку інформації, що визначає взаємовідносини у структурі та її динаміку;

-функцій, тобто, цілей, котрі необхідно досягти і котрі ведуть до загальної мети.

Незалежно від перспектив диференціації чи інтеграції функціонального забезпечення управління при переході до ринку, методологічні основи виробничого менеджменту матимуть велике значення для функціонування організаційно-економічного механізму в хлібопекарній промисловості. Одним з основних шляхів упровадження ринкових відносин на підприємствах і в об'єднаннях є розвиток ринкових засад господарювання. Як вище відзначалось, результат господарювання на рівні підприємств і об'єднань у цілому найбільш точно відображає рівень доходу (прибутку). На величину доходу в хлібопекарній промисловості впливають три основних фактори: зміни обсягу виготовленої продукції; зміни структури виробленої продукції; зміни рівня витрат по окремих видах виробів. Очевидно, що головним напрямком удосконалення шляхів одержання максимального прибутку (доходу) в хлібопекарній галузі є ефективніше використання всіх видів матеріальних ресурсів, правильна оцінка витрат на виробництво. Актуальність вище перерахованих факторів не викликає сумнівів і набирає особливого значення в умовах ринкових відносин у виробництві, які характеризуються відсутністю фондового постачання та інфляційними процесами.

У підприємствах хлібопекарної галузі слід підкреслити високий рівень прибутковості, швидкий термін окупності інвестицій (3-5 років), невеликий ризик. Серед проблем слід виділити постійну зміну цін на борошно та цукор, що спричинює коливання собівартості хлібопекарних виробів. Серед комплексу проблем, пов'язаних з необхідністю покращення управління діяльністю хлібопекарного виробництва, важливим моментом є підвищення ролі й значення контролю та управління виробничими ресурсами. Враховуючи технологічні особливості галузі дослідження, що викладені

нами вище, з метою контролю й управління цим видом витрат ми пропонуємо модель ВФМКВ, побудовану на основі описаного вище оптимізаційного підходу.

Головна суть моделі – визначення основних напрямків і пропорцій розвитку виробництва, шляхів та методів досягнення цілей, управління ресурсами, необхідними для досягнення цих цілей. Вказана методика і розроблений для неї математичний апарат, апостеріорний аналіз отриманих рішень, дозволяють отримати деякі синтетичні альтернативи, які ведуть до оптимального варіанта виробничого процесу. Головна особливість моделі полягає в тому, що вона описує зміни показників на основі прямих математичних розрахунків при максимальному зниженні трудомістких розрахунків при достатньо високій її достовірності. Це обумовлює стабільність співвідношення її показників як між собою, так і з народногосподарськими показниками. При розробці даної моделі була використана типова схема системного аналізу, яка включає наступні етапи [137]:

- виявлення та постановка проблеми, її формулювання та структуризація;
- вивчення специфіки об'єкта, його зовнішніх та внутрішніх зв'язків у структурному та інших аспектах;
- аналіз основних структурних елементів об'єкта;
- формування цілей розвитку проблеми, критеріїв, встановлення ієрархічних взаємозв'язків;
- визначення альтернативних шляхів досягнення цілей;
- кількісний аналіз основних структурних елементів, визначення зв'язаних з альтернативами витрат та результатів;
- накопичення вхідної інформації, оцінка повноти та достовірності інформації;

- проведення розрахунків із моделями, синтез результатів якісного та кількісного аналізу, внесення експертних поправок та підготовка рішень, у випадку необхідності – коректування моделей та вхідної інформації.

Важливим питанням побудови оптимізаційних моделей аналізу та управління виробничої системи є також визначення складу показників, причинно-наслідкових та кількісних взаємозв'язків між ними. В кінцевому результаті структуру показників дослідник визначає сумісно з експертною групою підприємства. У модель, про яку йдеться нижче, була включена така кількість соціально - економічних показників, які необхідні для розробки та прийняття керуючих рішень згідно з цілями та задачами розвитку хлібопекарного виробництва. Значення кожного показника визначались на попередній стадії розробки моделі. Загальний вигляд залежностей між показниками вибирався за результатами теоретичного дослідження, що базується на моделюванні схем ринкової економіки та на методологічних принципах неокласичної теорії фірми, яка відтворює і зв'язує у вигляді рівнянь (нерівностей) систему показників, які характеризують розвиток хлібопекарного виробництва. Принциповими моментами досліджень є: вибір системи ключових показників, які повинні бути відображені у моделі при будь-яких її змінах; визначення та аналіз факторів, від яких залежать значення ключових показників; вибір функцій, які характеризують даний вид зв'язку між моделюючими показниками та факторами, що впливають на нього. Нижче дана характеристика тих рівнянь моделі, які були включені в кінцевий варіант, і лише в окремих випадках розглядаються альтернативні підходи. Економічна інтерпретація та відповідні пояснення викладені в загальному блоці, де - це рівняння наведене вперше.

Проілюструємо сказане вище на прикладі реального об'єкта дослідження – хлібопекарного виробництва ТзОВ “Тернопільхлібпром”. Виробнича статистика діяльності цього підприємства протягом останніх

десяти років (1990-2000 рр.) свідчить, що підприємство перебувало й перебуває у стані перманентного пошуку асортиментного оптимуму. Адже за увесь згаданий період асортимент продукції коливався від 20 до майже 40 найменувань. Асортимент хлібобулочних виробів, які виготовляє дане підприємство різноманітний (містить 35 найменувань продукції): хліб (хліб подільський, хліб подільський покращений, хліб житній духмяний, хліб пшеничний заварний, хліб білий, хліб пряний, хліб козацький, хліб Тернопільський новий), хлібобулочні вироби (батон, рогалик, ріжок, хала, булочки, плетінка, завиванці), спеціального призначення (хлібобулочні вироби зі зниженим умістом цукру, дієтичні хлібобулочні вироби, продукція для діабетиків).

Під час виробництва різноманітних груп виробів використовуються такі основні види сировини: борошно пшеничне вищого гатунку, 1-го гатунку, 2-го гатунку, борошно житнє обдирне, дріжджі пресовані, сіль, цукор (патока), олія. Як додаткова сировина використовуються розрихлювачі, емульгатори, харчові кислоти, ароматизатори, прянощі .

Для побудови моделі використані реальні значення валових випусків продукції, значення витрат ресурсів на 1 т. виготовленої продукції (матриця A), ціни реалізації (вектор c), обсяг наявних ресурсів. Дані взяті із звітних документацій, виписок із рецептур, документа, що визначає виробниче завдання із вказаною виробничою рецептурою (додаток В2-В5).

Наявні дані представлені двома видами хлібопекарної продукції (згідно виробничого завдання), що виготовляються за зміну: хліб житній, хліб пшеничний заварний, для яких використовуються в заданих пропорціях ресурси: борошно житнє обдирне, борошно пшеничне 2-го гатунку, дріжджі, сіль, патока, олія для змащування форм.

Нехай вектор $x = (x_1, x_2)^T$ – вектор випуску продукції;

$R = (R_1, R_2, R_3, R_4)^T$ – невід’ємний вектор максимально допустимих обсягів відповідних виробничих ресурсів, при яких можливе функціонування виробництва. Матеріальні витрати ресурсів зв’язані в моделі пропорційною лінійною залежністю з обсягом валового випуску. Обмеження на ресурси та відповідну технологію описуються нерівностями

$$674,16x_1 + 295,2x_2 \leq R_1; \quad 74,91x_1 + 442,8x_2 \leq R_2; \quad 11,24x_1 + 3,69x_2 \leq R_3;$$

$$11,24x_1 + 11,07x_2 \leq R_4, \quad x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0.$$

Зауважимо, що відповідні коефіцієнти для даної групи обмежень обчислені з урахуванням рецептурних характеристик кожного виду продукції (Додаток В3).

При плануванні виробництва ставиться загальна задача: яким чином у плановому періоді забезпечити максимальну прибутковість виробництва, або як виготовити певну кількість продукції з найменшими витратами. Загальний дохід від реалізації виготовленої продукції задається як деякий агрегований кінцевий продукт функцією $f(x) = 1155,71x_1 + 900x_2$ (Додаток В4). Оскільки хлібопекарне підприємство, як і будь-яке інше підприємство в умовах ринку намагається максимізувати загальний дохід у залежності від вибраного набору виробничих ресурсів, одержимо структурну модель ВФМКВ (2.1), яка конкретизується так:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1155.71 + 900 \mapsto \max, \\ 674.16x_1 + 295.2x_2 \leq R_1, \\ 74.91x_1 + 442.8x_2 \leq R_2, \\ 11.24x_1 + 3.69x_2 \leq R_3, \\ 11.24x_1 + 11.07x_2 \leq R_4, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{array} \right. \quad (4.1)$$

Двоїстою до задачі (4.1) буде задача

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1\lambda_1 + R_2\lambda_2 + R_3\lambda_3 + R_4\lambda_4 \mapsto \min, \\ 674.16\lambda_1 + 74.91\lambda_2 + 11.24\lambda_3 + 11.24\lambda_4 \geq 1155.71, \\ 295.2\lambda_1 + 442.8\lambda_2 + 3.69\lambda_3 + 11.07\lambda_4 \geq 900, \\ \lambda_i \geq 0, i = \overline{1,4}. \end{array} \right. \quad (4.2)$$

Як випливає з результатів, одержаних у другому розділі, побудова ВФМКВ зводиться до знаходження опорних розв'язків системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} 674.16\lambda_1 + 74.91\lambda_2 + 11.24\lambda_3 + 11.24\lambda_4 - \lambda_5 = 1155.71, \\ 295.2\lambda_1 + 442.8\lambda_2 + 3.69\lambda_3 + 11.07\lambda_4 - \lambda_6 = 900. \end{array} \right. \quad (4.3)$$

Для розв'язання системи (4.3) було використано метод Жордана-Гаусса з використанням симплекс-перетворень. Розрахунки показали, що функція $F(R)$ має в допустимій області 8 ланок лінійності, кожна з яких однозначно визначається відповідною вершиною множини двоїстих змінних. Результати

комп'ютерного моніторингу відображені у додатку В6. Виходячи з викладеної у розділі 1.4 методики дійдемо висновку, що функція $F(R)$ має вигляд (Додаток В6)

$$F(R_1, R_2, R_3, R_4) = \begin{cases} 1.601R_1 + 0.965R_2, & R \in O_1, \\ 0.635R_1 + 64.358R_4, & R \in O_2, \\ 3.049R_1, & R \in O_3, \\ 1.24R_2 + 94.148R_3, & R \in O_4, \\ 15.375R_2, & R \in O_5, \\ 31.747R_3 + 70.719R_4, & R \in O_6, \\ 243.902R_3, & R \in O_7, \\ 102.465R_4, & R \in O_8, \end{cases} \quad (4.4)$$

$$\text{де } O_1 = \{R \in R_+^4, | 0.003R_2 + R_3 \geq 0.017R_1; R_4 \geq 0.015R_1 + 0.015R_2; R_2 \geq 0\};$$

$$O_2 = \{R \in R_+^4 | R_1 + R_2 \geq 66.685R_4; R_3 + 0.2R_4 \geq 0.02R_1; 0.003R_1 \geq 0.071R_4; 0.163R_4 \geq 0.003R_1\}$$

$$O_3 = \{R \in R_+^4 | R_2 \geq 1.5R_1; R_3 \geq 0.012R_1; R_4 \geq 0.037R_1\}$$

$$O_4 = \{R \in R_+^4 | R_1 \geq 0.177R_2 + 58.801R_3; R_4 \geq 0.018R_2 + 0.882R_3; 0.094R_3 \geq 0.001R_2; 0.002R_2 \geq 0.016R_3\}$$

$$O_5 = \{R \in R_+^4 | R_1 \geq R_2; R_3 \geq 0.150R_2; R_4 \geq 0.15R_2\}$$

$$O_6 = \{R \in R_+^4 | R_1 \geq 49.98R_3 + 10.01R_4; R_2 + 50.03R_3 \geq 56.68R_4; 0.133R_3 \geq 0.04R_4; 0.136R_4 \geq 0.14R_3\}$$

$$O_7 = \{R \in R_+^4 \mid R_1 \geq 80R_3; R_2 \geq 120R_3; R_4 \geq 3R_3\};$$

$$O_8 = \{R \in R_+^4 \mid R_1 \geq 59.98R_4; R_2 \geq 6.665R_4; R_3 \geq R_4\}.$$

Функція (4.4) є ВФМКВ у випадку конкретних даних досліджуваного хлібопекарного виробництва.

Таким чином, теоретичні дослідження дають можливість виділити досить широкий клас функцій, які можуть бути використані для обчислення значень відповідного показника. Подальші статистичні дослідження та експериментальна перевірка дозволяють віддати перевагу тій з альтернативних функцій для визначення значень відповідного показника, яка краще відображає моделюючу закономірність.

Очевидно, вектор R задовольняє 1-шу і 6-ту ланки (вони лежать на одній прямій розв'язків), кожна з яких однозначно визначається відповідними вершинами. Звідси випливає, що $F(R, \lambda_1) = F(R, \lambda_6) = 2030.971$.

Далі розглянемо максимально спрощену модельну ситуацію, пов'язану з методикою побудови ВФМКВ. Покажемо роль різних технологій, що впливають на результати виробництва. Зафіксуємо компоненти вектора R , окрім, наприклад, компоненти R_1 . Одержимо оптимізаційну задачу відносно невідомої R_1 . У цій ситуації $F(R)$, очевидно, буде мати вигляд

$$F(R) = \begin{cases} 1.6R_1 + 477.84, & R_1 \leq 528, \\ 0.635R_1 + 1414.6, & 528 \leq R_1 \leq 970, \\ 2030.8, & R_1 \geq 970. \end{cases}$$

Аналогічні функції можна побудувати і для інших змінних.

Якщо взяти за критерій прибуток від реалізації виготовленої продукції, то цільова функція оптимізаційної задачі (4.1) буде мати вигляд:

$$f(x)=1155,71x_1 + 900x_2 - 435.68x_1 - 560.68x_2.$$

Розрахунки показали, що значення планового прибутку дорівнює 1059,35 грн., реальний прибуток становить 868 грн. Отже, показники реального і планового прибутків різняться.

Тому, важливою проблемою, що потребує розв'язання у майбутньому на підприємстві, є оцінка матеріальних ресурсів. Методи оцінки матеріальних цінностей безпосередньо пов'язані з визначенням собівартості продукції і фінансового результату господарської діяльності. У хлібопекарній промисловості найбільш питому вагу в собівартості готової продукції займають сировина й матеріали. Відхилення прибутку пов'язані з надлишковою вагою або нераціональною структурою компонентів і заміною матеріалів. При цьому виявляються відхилення, пов'язані з недостатньою стандартизацією, уніфікацією по найбільш матеріаломістких елементах, що переважно пов'язані з невиконанням плану по підвищенню технологічності продукції, що випускається. Потрібно вести пошук раціональніших шляхів використання відходів у виробництві або за його межами. В рамках окремих ділянок відхилення пов'язані із застосуванням необхідних технологій (у зв'язку з відсутністю тих або інших видів обладнання і технологічної оснастити, знаходження їх у ремонті).

На досліджуваному підприємстві за звітний період була досягнута економія матеріальних витрат у цілому на 3.5 тис.грн., що позитивно характеризує діяльність підприємства. На величину витрат вплинула наступна сукупність факторів: за рахунок збільшення об'єму продукції матеріальні витрати зросли на 13.7 тис.грн., за рахунок зміни структури

продукції матеріальні витрати знизились на 4.1 тис.грн., за рахунок змін рівня матеріальних витрат у собівартості окремих виробів матеріальні витрати в цілому зменшилися на 13.1 тис.грн. Більш детальний аналіз резервів за 2000 рік на досліджуваному підприємстві(додаток В8), показав, що перевитрати були допущені по статті “ Сировина й матеріали “ на 2200 грн., що привело до збільшення собівартості продукції на 0.03%. Крім того, результати оптимізаційної моделі показали наявність ресурсного надлишку за виробничими потужностями основного технологічного процесу – необґрунтовані великі запаси борошна 2 гатунку (2217 кг.), солі (947 кг.) та дріжджів (382 кг.), що без сумніву погіршує фінансово-економічний стан підприємства, знижує оборотність його активів. При цьому, як показують розрахунки, підприємство регулярно відчуває нестачу таких основних сировинних ресурсів, як борошно 2 гатунку, житнє борошно та цукор. Це означає, що кількісне нарощування обсягів цих виробничих компонентів дозволить досягнути виробничого асортиментного оптимуму за значно більш привабливих і бажаних фінансових результатів (Додаток В7-В8).

Отже, серед комплексу проблем, пов'язаних із необхідністю покращення управління діяльністю підприємств хлібопекарного виробництва, важливим моментом є підвищення ролі й значення контролю та управління виробничими ресурсами. Очевидно, що головним напрямком удосконалення шляхів одержання максимального прибутку в цій галузі є ефективніше використання всіх видів матеріальних ресурсів, зниження їх витрат на одиницю продукції при стабільності її якості, правильна оцінка витрат на виробництво. Актуальність вище перерахованих факторів не викликає сумніву і набирає особливого значення в умовах ринкових відносин у виробництві, які характеризуються відсутністю фондового постачання та інфляційними процесами. Тому організація оперативного аналізу відхилень від норм потребує подальшого вдосконалення. Для того щоб мати змогу

організувати внутрішньо-виробничий аналіз господарської діяльності в цілому і визначити причини відхилень по певних виробничих одиницях, відхилення мають враховуватись щоденно по цехах та службах. Система інформації про затрати на виробництво, що існує зараз на підприємстві в певних випадках не дозволяє правильно визначити реальне відхилення фактичної собівартості продукції, що виготовлена за добу.

Отже, експериментальні та практичні розрахунки по даній моделі в застосуванні до виробничої системи підприємства показали, що ці моделі можна успішно використовувати для аналізу та управління у двох головних аспектах:

- у вигляді готових числових розрахунків з комплексному аналізу та планування економічних тенденцій розвитку виробничих систем (безпосереднього застосування результатів моделювання);

- як методичний інструмент для імітаційного аналізу і багатовимірних розрахунків, які використовують цю модель для подальших числових експериментів.

4.3. Моделювання максимального експортно-імпортного сальдо

На сьогодні одним із головних чинників спаду виробництва є саме відсутність попиту. Тому, стимулювання попиту належить до найважливіших протикризисових заходів. З кейнсіанської економічної теорії відомо, що таке стимулювання можна здійснити шляхом короткотермінового збільшення кінцевого споживання, за рахунок концентрації бюджетних коштів на

виконанні окремих інвестиційних програм або заходів із соціального захисту населення. Той самий ефект може дати і збільшення обсягів експорту, досягнуте, зокрема неекономічними заходами (політичні поступки у обмін на преференції у торгівлі, приєднання до торговельних союзів тощо) [138]. Становить інтерес порівняння впливу збільшення експорту на загальне зростання виробництва, здійснена за схемою: “ збільшення експорту” – “загальне зростання кінцевого споживання (складовою якого є експорт)” – “ зростання виробництва”.

Критичний імпорт [139] є окремою складовою зовнішньоторговельного обороту зі специфічними механізмами формування його обсягів та структури. До складу критичного імпорту входять ті види товарів та послуг, споживання яких конче необхідне для функціонування національної економіки, але обсяги їх виробництва всередині країни недостатні або ж вони взагалі не виробляються внаслідок відсутності потрібних для цього ресурсів (покладів сировини, виробничих потужностей, know-how тощо). До складу критичного імпорту здебільшого входять товари проміжного споживання – енергоресурси, конструкційні матеріали, вузли та комплектуючі. Це обумовлює особливості у змінах обсягів критичного імпорту внаслідок змін у валютній, тарифно-митній та ціновій політиці держави. Попит на товари критичного імпорту слабо залежить від змін у цінах на них, але подорожчання цих товарів в умовах перехідної економіки передається за технологічним ланцюгом іншим товарам, у процесі виробництва яких використовується критичний імпорт. Зазначений процес може стати важливим чинником інфляції витрат, типової для ранніх стадій перехідної економіки. З іншого боку, суттєві зміни обсягів виробництва товарів кінцевого споживання, навіть за умов стабільних цін, можуть істотно вплинути на попит на товари критичного імпорту. Є певні відмінності також у цілях та методах державного регулювання щодо критичного імпорту. Крім

диверсифікації джерел надходження таких товарів, що має унеможливити прояви монополізму, важливою метою регулювання є пошук джерел компенсації витрат на їх придбання. Отже, зростання обсягів критичного імпорту у довгостроковій перспективі має супроводжуватись адекватним збільшенням обсягів експорту та перерозподілом кінцевого продукту, зокрема, у формі зменшення питомої ваги внутрішнього споживання продукції експортно-орієнтованих галузей. Слід зауважити, що зростання експорту як шлях поживлення економіки становить додатковий інтерес для України з огляду на обмеженість бюджетних коштів, які могли б бути використані для стимулювання внутрішнього кінцевого споживання, та сильну інфляційну вразливість нашої економіки, яка ускладнює застосування для емісійних джерел. Усе це можна врахувати, застосувавши методи міжгалузевого балансу [140,141,142].

Про моделі, побудовані на цій основі, йтиметься далі.

Розглянемо економічну систему, яку складають N галузей матеріального виробництва. Позначимо через a_{ij} - прямі питомі витрати продукції i -ї галузі на виробництво продукції j -ї галузі ($i, j = \overline{1, n}$), x_i - валову продукцію (у сталих внутрішніх цінах) i -ї галузі, y_i - кінцеву продукцію, \bar{x}_i - наявні виробничі потужності у цій галузі (під потужностями будемо розуміти максимально можливий за наявних ресурсів та інших виробничих чинників обсяг виробництва продукції цієї галузі). Обсяг імпорту (критичного) продукції i -ї галузі позначимо через $i_i^{(m)}$, а обсяг експорту такої продукції - через $e_i^{(k)}$. Крім того, нехай α_i - питома вага продукції i -ї галузі у кінцевому споживанні всередині країни, $c^{(0)}$ - особисте (невиробниче) споживання, $i^{(b)}$ - валові інвестиції.

Задача полягає у визначенні таких обсягів внутрішнього виробництва x_i , експорту $e_i^{(k)}$ та імпорту $i_i^{(m)}$ продукції кожної з N галузей, при яких буде

досягнута збалансованість між виробництвом, споживанням, експортом, імпортом та наявними потужностями, рівень споживання всередині країни буде меншим, ніж його припустиме значення та буде досягнуто максимальної збалансованості між надходженнями експорту та витратами на імпорт.

Використовуючи наведені вище позначення, рівняння міжгалузевого балансу (у векторній формі) матимуть вигляд:

$$x = Ax + y + e^{(k)} - i^{(m)} \quad (4.5)$$

або, враховуючи той факт що $y = c^{(0)} + i^{(b)}$, $i^{(b)} = d^{(c)} + i^{(c)}$

$$x + i^{(m)} = Ax + c^{(0)} + i^{(b)} + e^{(k)}, \quad (4.6)$$

де $d^{(c)}$ – державне споживання (амортизація), $i^{(c)}$ – інвестиційне споживання (чисті інвестиції).-

Задамо особисте споживання як $c^{(0)} = \alpha s$ (або $c_j^{(0)} = \alpha_j s, j = \overline{1, n}$), де вектор α вважається відомим, s – рівень споживання. Тоді співвідношення (4.6) або (4.5) запишеться у вигляді

$$\sum_{l=1}^n \overline{a_{jl}} x_l + i_j^{(m)} - \alpha_j s - e_j^{(k)} = i_j^{(b)}, j = \overline{1, n}, \quad (4.7)$$

де $\overline{A} = (I_n - A)$, I_n – одинична матриця n -го порядку.

В (4.7) матриця \overline{A} , а значить і A , вектор α , вектор $i^{(b)}$ будемо вважати заданими. Варто зауважити, що якщо задана матриця повних затрат $B = (I_n - A)^{-1}$, то матриця A визначається з рівності: $I_n - A = B^{-1} \Rightarrow A = I_n - B^{-1}$.

Якщо вважати змінними (шуканими) вектори $x, i^{(m)}, e^{(k)}$ та скалярну величину s , яка означає рівень споживання, задачу можна сформулювати у вигляді такої оптимізаційної моделі:

$$\sum_{j=1}^n p_j^{(k)} e_j^{(k)} - \sum_{j=1}^n p_j^{(m)} i_j^{(m)} \mapsto \max, \quad (4.8)$$

$$\sum_{l=1}^n \bar{a}_{jl} x_l + i_j^{(m)} - \alpha_j s - e_j^{(k)} = i_j^{(b)}, j = \overline{1, n}, \quad (4.9)$$

$$x_j \leq \bar{x}_j, j = \overline{1, n}, \quad (4.10)$$

$$e_j^{(k)} \leq \bar{e}_j^{(k)}, j = \overline{1, n}, \quad (4.11)$$

$$s \geq 1, \quad (4.12)$$

$$x_j \geq 0, e_j^{(k)} \geq 0, i_j^{(m)} \geq 0, j = \overline{1, n}. \quad (4.13)$$

де умова (4.8) це умова максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт; умова (4.9) це умова збалансованості виробництва, імпорту, виробничого і невиробничого (кінцевого) споживання та експорту продукції кожної з галузей; умова (4.10) - обмеження для наявних виробничих потужностей; (\bar{x} - вектор максимально можливих потужностей); (4.11)-(4.13) - обмеження для гранично допустимих експорту, рівня споживання та умови невід'ємності змінних ($\bar{e}^{(k)}$ - вектор максимально можливого експорту); $p_j^{(k)}, p_j^{(m)}$ - середня ціна, за якою реалізується на зовнішніх ринках продукція i -ої галузі, вироблена всередині країни та середня ціна закупки імпортованої продукції i -ої галузі.

Модель (4.8)-(4.13) описує співвідношення "експортно-імпортного сальдо" у формі матриці міжгалузевого балансу, де кожен вид продукції представлений одним виробничим способом, а в кожному способі випускається лише один продукт. Особливістю таких міжгалузевих моделей

є те, що вони є деталізованими аналогами моделей відтворення суспільного продукту і національного доходу, представляють собою узагальнення статичних (балансових і оптимізаційних) міжгалузевих моделей та служать теоретико-методичною основою прикладних моделей. При математичному моделюванні виробничих процесів потрібно враховувати як внутрішні умови, так і зовнішні, що обумовлюються довкіллям – середовищем прямої дії та середовищем непрямої дії. Велику роль тут відіграє раціоналізація поведінки підприємств (економіки в цілому), що полягає в оптимізації процесів виробництва, в оптимальному розподіленні коштів та оптимальному використанні різних факторів виробництва. Як відомо, технологічні умови виробництва описуються виробничими функціями.

Очевидно, задача (4.8)-(4.13) є задачею лінійного програмування відносно шуканих змінних. Якщо ж вважати $\bar{x}, \bar{e}^{(k)}$ параметрами (або, наприклад, тільки \bar{x}), то будемо мати задачу побудови функції значень, тобто $F(\bar{x}, \bar{e}^{(k)})$ чи $F(\bar{x})$. Можливі і інші випадки задач.

Без утрати загальності зупинимось на варіанті - \bar{x} - параметр. Алгоритм побудови функції значень $F(\bar{x})$. у явній аналітичній формі аналогічний до вище описаних і реалізовується з допомогою (4.8)-(4.13) із врахуванням відомих співвідношень двоїстості. При цьому двоїстою до задачі (4.8)-(4.13) є задача

$$\begin{cases}
\sum_{j=1}^n i_j^{(b)} \lambda_j + \sum_{j=1}^n \bar{x}_j \lambda_{n+j} + \sum_{j=1}^n \bar{e}_j^{(k)} \lambda_{2n+j} - \lambda_{3n+1} \mapsto \min, \\
\sum_{j=1}^n \bar{a}_{jl} \lambda_j + \lambda_{n+l} \geq 0, l = \overline{1, n}, \\
-\sum_{j=1}^n \alpha_j \lambda_j - \lambda_{3n+1} = 0, \\
-\lambda_j + \lambda_{2n+j} \geq P_j^{(k)}, j = \overline{1, n}, \\
\lambda_j \geq -P_j^{(m)}, j = \overline{1, n}, \\
\lambda_{n+j} \geq 0, j = \overline{1, 2n+1}.
\end{cases} \quad (4.14)$$

При невід'ємних $G, p^{(k)}, p^{(m)}, i^{(b)}, e^{(k)}$ взаємно двоїсті задачі (4.8)-(4.13) і (4.14) завжди мають розв'язок, оскільки допустимі множини непорожні (всі задані параметри цих задач невід'ємні, G -матриця прямої задачі (4.8)-(4.13)).

Описаний тип ВФ задовольняє властивостям, розглянутим у розділі 2, тобто функція угнута, неперервна, монотонно неспадна, кусково-лінійна.

Розглянута вище математична модель, дозволяє оптимізувати структуру експорту і імпорту з врахуванням існуючого виробничого потенціалу, зовнішнього попиту на виготовлену продукцію і середніх цін світового ринку.

Цікавим є також багатокритеріальний варіант цієї задачі, у якому крім функції мети (4.8) розглядається критерій максимально можливого рівня внутрішнього споживання: $F_2 = s \mapsto \max$, або максимізація виробництва у заданих галузях; $F_3 = x_9 + x_{11} + x_{12} \mapsto \max$; мінімізація імпорту енергоресурсів - $F_4 = i_1^{(m)} + i_2^{(m)} + i_3^{(m)} + i_4^{(m)} \mapsto \min$.

Для розв'язання такої задачі можливе застосування методу згорток, коли замість всіх цих критеріїв розглядатиметься критерій

$$F = \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \beta_3 F_3 - \beta_4 F_4 \mapsto \max ,$$

де $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – задані вагові коефіцієнти. Для визначення цих значень можливе застосування відомих методів багатокритеріальної оптимізації. Базовою інформацією для цих методів є експертні оцінки більшої чи меншої прийнятності варіантів (альтернатив) із різними значеннями критеріїв F_1, F_2, F_3, F_4 .

При використанні запропонованих моделей для довгострокового прогнозування виникає певна невизначеність, обумовлена неможливістю точного прогнозування цін на експортовану продукцію та імпорт і структури внутрішнього споживання. При цьому набуває важливого значення прогнозування змін у наявних виробничих потужностях та активне керування такими змінними. За цих умов значення параметрів $\alpha_i, p_j^{(k)}, p_j^{(m)}$ – можна вважати випадковими з визначеним законом їхнього розподілу, а задачу визначення потрібних змін у існуючих технологічних потужностях можна розглядати як двохетапну стохастичну задачу, першим етапом якої буде безпосереднє визначення таких змін з урахуванням пов'язаних з цим витрат, а другим – розв'язання задачі виду (4.8)-(4.13) [143].

З використанням моделі (4.8)-(4.13) проводились поваріантні розрахунки на реальних даних по Україні за 1996 рік (Додаток С1-С3). Їх метою була оцінка впливу нестабільних параметрів моделі на отримані з її допомогою рекомендації та порівняння цих рекомендацій з реальною структурою експорту та імпорту в середині 90-их років. Крім даних міжгалузевого балансу [144], при створенні інформаційного забезпечення моделі використовувались оцінки ємності зовнішніх ринків, отримані від Міністерства зовнішньоекономічних зв'язків і торгівлі України, та оцінки наявних виробничих потужностей, отримані від Мінекономіки України [145]. Необхідно відзначити, що ці оцінки, найімовірніше, дещо занижені. Так, для більшості галузей оцінки потужностей перевищували фактичні обсяги виробництва в 1995-96-их роках не більш як на 20-30 %. Аналогічна ситуація

була і з оцінками ємності зовнішніх ринків по продукції окремих галузей. Таким чином, можна вважати, що дані цієї моделі відображають тільки ті виробничі резерви, які безумовно, можуть бути використані при залученні вкрай обмежених інвестиційних ресурсів, і отримані з її допомогою рекомендації стосуються, перш за все, більш ефективного використання задіяного виробничого потенціалу.

Враховуючи ці фактори, за допомогою розглянутої моделі були проведені наступні варіантні розрахунки.

Варіант 1 (базовий). Припускається збереження цін, існуючих у середині 90-их років, на експортовану та імпортовану продукцію та відповідність ємності зовнішніх ринків отриманим оцінкам.

Варіант 2. Припускається скорочення на 60% ємності зовнішнього ринку для продукції машинобудування при збереженні всіх інших значень параметрів моделі, властивих варіанту 1. Розгляд даного варіанта зумовлений розрахунками по попередньому варіанту та висновками про суттєву недооцінку експортного потенціалу цієї галузі.

Варіант 3. Припускається зростання, порівняно з базовим варіантом, цін на продукцію нафтогазової промисловості на світовому ринку в 3.2 рази, чорної металургії – в 2.3 рази, хімічної промисловості - в 1.7 рази, а також зниження цін на продукцію харчової промисловості на 20%. Даний варіант, по-перше, відображає зміни цін на енергоресурси та продовольчі товари, які спостерігались наприкінці 90-их років, по-друге, на думку експертів, саме така комбінація цін найбільшою мірою сприяє зростанню експорту продукції хіміко-металургійного комплексу.

Варіант 4. Припускається зростання, порівняно з базовим варіантом, цін на продукцію нафтогазової промисловості в 3,2, чорної металургії – в 1.6 рази, хімічної промисловості – в 1.9 рази, а також зниження цін на продукцію харчової промисловості на 20%. Для цього варіанту, порівняно з попереднім,

ємність ринку чорних металів знижена на 45%; а продукції хімічної промисловості на 65%. Даний варіант, що враховує втрату найважливіших зовнішніх ринків, можна розглядати як приклад песимістичного сценарію умов зовнішньоекономічної діяльності. Потрібно відзначити, що укрупнена номенклатура балансу не дозволяє врахувати деякі структурні ефекти, що характерні для представлених в ньому галузей та проявляються у виді зустрічних потоків експорту та імпорту галузевої продукції. Тому порівняння структури розрахункового та фактичного зовнішньоторгового оборотів проводилось на рівні експортно- імпортного сальдо окремих галузей. Питома вага кожної галузі розраховувався окремо по групах областей, де експорт перевищує імпорт, та навпаки, залежно від того, до якої групи відноситься дана галузь.

Для варіантів 3 та 4 експортно-імпортне сальдо галузей розраховувалось окремо в цінах базового варіанта (стабільні ціни) та в цінах, властивих для певного варіанту (поточні ціни). Порівняння розрахункової (по варіантах) та фактичної (за 1994-1995 роки) структури зовнішньоторгового обороту приведені в додатку С3. Відмітимо, що, не зважаючи на суттєві відмінності в умовах окремих варіантів, структура оптимальних розв'язків містить багато спільного. Активну частину експортного-імпортного сальдо утворюють галузі хіміко-металургійного комплексу (35-40% від її величини, в тім числі чорна металургія – 25-30%), машинобудування, харчова промисловість, транспорт та зв'язок (на кожну з цих галузей приходиться по 18-22%). Зменшення ємності зовнішнього ринку для однієї з цих галузей (наприклад, у варіанті 2 – машинобудування) призводить до деякого зростання питомої ваги в експорті інших галузей групи, що розглядається, без суттєвої зміни співвідношень між ними. Зростання внеску в загальний експорт у варіантах 3 та 4 таких галузей, як чорна металургія та хімічна промисловість, пояснюється виключно змінами цін на їх продукцію.

Співвідношення фізичних об'ємів експорту (або експорту в стабільних цінах) указаних та інших експортно-орієнтованих галузей залишиться приблизно таким ж, як і для варіантів 1 і 2.

Зауважимо, що структура зовнішньоторговельного обороту, одержана в результаті модельних розрахунків, істотно відрізняється від фактичної структури в 1995-96 роках. Навіть у варіанті 3, що характеризується найкращими умовами для експорту металургійної продукції, доля чорної металургії в активній частині експортно-імпортного сальдо складає не більш як 43%. Фактично на той час вона перевищувала 59%. Основу імпорту, як по даних модельних розрахунків, так і фактично, складала продукція паливно-енергетичного комплексу (75% від загальної величини пасивної частини сальдо). В першу чергу - це закупки органічного палива, однак для варіантів 3 і 4 в умовах його подорожчання і при збереженні достатньо низьких цін на електроенергію відбувалася повна заміна імпортом внутрішнього виробництва в електроенергетичній галузі. Це вказує на її залежність від зовнішньої експансії. Диверсифікація структури експорту менш енергоємних галузей приводить до зменшення імпорту при збереженні практично тих же об'ємів експорту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Прибутковість експортно-імпортних операцій, \$ млн.

Показник	По результатах моделювання				Факт, 1995 р.	Факт, 1996 р.
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4		
Експорт	11968,5	9104,3	19149,8	11953,2	10298,0	11966,5
Імпорт	8999,6	6539,6	20547,5	15342,9	11042,0	13134,5
Експортно-	2968,9	2564,7	-1397,7	-3389,7	-744,0	-1168,0

імпортне сальдо						
-----------------	--	--	--	--	--	--

Зниження ємності зовнішніх ринків по окремих видах продукції приводить до скорочення загальної величини експорту, але при цьому адекватно зменшується імпорт, перш за все, за рахунок своїх критичних компонентів. Так для варіанту 2 характерна велика питома вага харчової промисловості і сільського господарства – менш енергоємних в порівнянні з машинобудуванням і металургією галузей. В результаті, при зменшенні сукупного експорту галузей більш як на \$2 млрд., експортно-імпортне сальдо для цього варіанту зменшиться в порівнянні з варіантом 1, тільки на \$0,4 млрд. і залишиться невід'ємним. Збільшення імпорту у варіантах 3 і 4 відбувається за рахунок росту цін, а не із-за збільшення обсягів імпортованої продукції. Таким чином, структура експорту та імпорту, одержана в результаті модельних розрахунків, буде більш стійкою до коливань кон'юнктури зовнішніх ринків, ніж реальна.

Висновки до розділу 4

1. Необхідність розв'язання реальних економічних задач як на мікро-, так на макрорівні на сучасному етапі вимагає створення апробованої методики з урахуванням можливостей комп'ютерно-інформаційних технологій. Повноцінна розробка економіко-математичної моделі повинна завершуватись відповідним програмним забезпеченням та його апробацією на тестових чи реальних прикладних моделях. Це приводить до

комп'ютерного моніторингу результатів моделювання економічних явищ та процесів, що власне і проілюстровано у даному розділі.

2. Моделі функцій оптимальних випусків можуть застосовуватись не лише при дослідженні виробничо-технологічних процесів, але й будь-яких інших економічних задач, що формалізуються оптимізаційними моделями структурного типу. У тих випадках, коли технологія процесу є чітко визначеною апарат цих функцій дозволяє виявити певні резерви для вдосконалення та оптимізації досліджуваного процесу і забезпечити адекватне прийняття економічного рішення.

ВИСНОВКИ

Дане дисертаційне дослідження спрямоване на розвиток та поглиблення існуючих теоретичних, методологічних та методичних підходів у економіко-математичному моделюванні виробничих функцій та їх узагальнень з метою вдосконалення економічних рішень у сфері виробничих процесів.

До основних наукових і практичних результатів роботи належать наступні результати.

1. Розвинуто концептуальні засади дослідження процесів виробництва і виробничих технологій на основі структурних моделей, які служать неявними відображеннями залежностей результатів виробництва від задіяних у ньому виробничих факторів (ресурсів). Це дає можливість розширити поняття виробничих функцій, сферу їх застосування, зв'язану зі встановленням потенціальних оцінок граничних і допустимих варіантів виробничих технологій та економіко-математичний апарат, який використовується при вивченні узагальненої моделі "затрати-випуск". Цей апарат відрізняється від економетричного, тому є ефективним у випадку відсутності або необґрунтованості для моделювання відповідної статистичної інформації.

2. На основі структурного оптимізаційного підходу запропоновано моделювати залежність між вхідними й вихідними параметрами виробничої системи у вигляді задачі математичного (зокрема, лінійного) програмування, що дозволило ввести у розгляд новий клас виробничих функцій - виробничі функції максимальних та мінімальних випусків. Установлені властивості цих

функцій. Запропоновано також моделі короткострокових та довгострокових виробничих функцій.

3. Розроблено методику побудови виробничих функцій оптимальних випусків, які структурно формалізуються задачами лінійного програмування, у явному аналітичному вигляді. Дана методика поширюється як на виробничі функції оптимальних випусків з односторонніми, так і на виробничі функції оптимальних випусків із двосторонніми технологічними обмеженнями. Крім того, вона може бути використана також у випадку кусково-лінійної апроксимації нелінійних виробничих функцій оптимальних випусків.

4. Запропоновано модель виробничої функції структурного типу у випадку беззбиткового виробництва. Це дозволяє розвинути концепцію беззбитковості сучасного виробництва, функціонування якого є змістовним лише за умови, коли виручка від реалізації продукції повністю покриває всі витрати на виробництво, а також розширити поняття виробничої функції, внести при необхідності відповідні корективи у його зміст та врахувати ринкові вимоги до моделі виробничої функції у цілому.

5. Актуальні проблеми екологізації економіки та переходу до сталого (самовідтворюючого) розвитку стали пріоритетними науковими проблемами сьогодення. Необхідність розв'язання цих проблем стимулює розробку якісно нових моделей, які б відображали еколого-економічну рівновагу та враховували наслідки забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим побудовано модель еколого-економічної функції структурного типу, яка відображає відповідний еколого-економічний баланс і за своєю сутністю є мірою корисності процесів еколого-економічної взаємодії. Розроблена методика побудови такої функції у явному аналітичному вигляді. Застосування цієї функції можливе як на мікро- так і на макрорівні.

6. На основі запропонованого економіко-математичного апарату побудови виробничих та еколого-економічних функцій структурного типу у явному аналітичному вигляді створено відповідне алгоритмічне та програмне забезпечення, для управління яким при розв'язуванні практичних економічних задач розроблено людино-машинний діалоговий інтерфейс з використанням графічного інтерфейсу прикладних програм для операційної системи Windows. Таким чином, методика побудови функцій оптимальних випусків логічно завершується конкретним інструментарієм - комп'ютерним моніторингом результатів моделювання.

Прикладне застосування структурного підходу при моделюванні функцій оптимальних випусків здійснено на прикладах побудови моделей виробничих функцій максимального випуску у хлібопекарному виробництві та моделей залежностей максимального експортно-імпортного сальдо від факторів, що впливають на нього. При побудові цих моделей використовувались реальні дані. Результати моделювання та їх апробація дозволили дійти висновку про те, що у випадку чітко визначених технологій, закладених неявно у побудованих моделях, можна виявити деякі резерви для вдосконалення досліджуваного процесу й досягнення кращого результату, а отже, оптимізувати відповідне економічне рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Винн Р., Холден К. Введение в прикладной экономической анализ.-М.: Финансы и статистика, 1981.-294с.
2. Христиановский В.В. и др. Прикладная эконометрика.-Донецк: Донецкий гос.ун-т, 1998.-172с.
3. Клейн Л. Проект ЛИНК //Экономика и математические методы.-1971.- Т.ХІІІ, вып.3, -с.471-488.
4. Гранберг А.Г. Межрегиональные межотраслевые модели мировой экономики.-Новосибирск: Наука,1983.-274с.
5. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС.-М.: Статистика, 1975.-160с.
6. Емельянов А.С.Кушнирский Ф.И. Динамическая модель развития народного хозяйства республики //Плановое хозяйство.- 1970.-№11.- с.25-35.
7. Иванов Ю.Н., Токарев В.В, Уздемир А.П. Математическое описание элементов экономики.-М.: Физматлит, 1994.-416с.
8. Модели и алгоритмы принятия управленческих решений.-Донецк: НАН Украины, Ин-т Экономической промышленности, 1998.-307с.
9. Теоретические и методологические проблемы моделирования, прогнозирования и управления отраслями народного хозяйства // Сб. науч. трудов. Ташкент: 1997.- Вып.14.-123с., Вып. 15.-125с.

10. Гуляницький Л., Сергієнко І., Панасюк Б. Розробка моделей середньострокового прогнозування ВВП України // Український журнал. Економіст.- 1998.-№5.-с.68-71.
11. Ivakhnenko A.G., Madala H.R. Inductive learning algorithms for complex systems modeling. — London, Tokyo: CRC Press, 1994.-211с.
12. Гаврилишин О., Ізворські І., Макроекономічні моделі прогнозування економіки України //Український журнал. Економіст.-1999. -№4. - с.88-111.
13. Геєць В. Розширена економетрична модель фінансового програмування та вихідні положення політики економічного зростання в умовах фінансової нестабільності // Український журнал. Економіст.-1998.-№5.-с.12-21.
14. Геєць В. Секторіальні макромоделі прогнозування економіки України // Український журнал. Економіст.-1998.-№5.-С.58-67.
15. Бакаєв О., Бондаренко Г., Лукінов І., Системи макроеконометричних моделей прогнозування економіки України // Український журнал. Економіст.-1998.-№5.- С.38-45.
16. Бакаєв О., Бондаренко Г., Лукінов І., Про систему моделей регіонального прогнозування в умовах перехідної економіки // Регіональна економіка.-1997.-№2.- С.3-22.
17. Кваснюк Б., Симоненко О. Економічне зростання в країнах з перехідною економікою // Український журнал. Економіст.-1998.-№5.-С.22-29.
18. Панасюк Б.Я. Державне регулювання економіки // Економіка України.- 1994.-№1.-С.19-30.
19. Власюк О. Методологія та моделі аналітичного планування економічного і соціального розвитку України // Український журнал. Економіст.-1998.-№5.-С.77-87

20. Економіка України: потенціал, реформи, перспективи. Макроекономічна політика, прогнозування і державне регулювання економіки.-Київ: НДЕІ Мінекономіки України, 1999.-Т.3.-437с.
21. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа.-СПб: Издательство СПб ГТУ, 1999. – 231 с.
22. Удалов Ф.Е. Совершенствование организации производства и управления в переходной период.-Н. Новгород, 1996.-324с.
23. Савицька Г.В. Аналіз господарської діяльності підприємства. 2-е видання.-К., 1997.-198с.
24. Плоткін Я.Д., Пащенко І.Н. Виробничий менеджмент.-К.: Вища школа, 1999.-224с.
25. Новая технология и организационные структуры / Сокр. пер. с англ.: Под ред. Й.Пиннингаса и А.Бюитандама: Науч. ред. Н.И.Диденко.- М.:Экономика, 1993.-266с.
26. Шмален Г. Основы и проблемы экономики предприятия.-М.: Финансы и статистика, 1996.-182с.
27. Дудорин В.И. Моделирование в задачах управления производством.-М.: Статистика, 1980.-232с.
28. Игумнов Б.Н. Кибернетика производственной деятельности // Проблемы праці, економіки та моделювання: Зб. наук. пр. Ч.1.- Хмельницький: ТУП, 1997.-С.51-64.
29. Барский С.Н. Управление производственной деятельностью.- Хмельницький: Єврика, 1999.-296с.
30. Вильям Дж. Стивенсон. Управление производством, Пер. с англ.- М.:ООО Изд. лаборатории Базовых знаний, ЗАО Изд. БИНОМ, 1998.- 928с.
31. Хайман Д.М. Современная микроэкономика: анализ и применение: В. 2-т. – М.: Статистика, 1992. – 624с.

32. Черкасский Б.В. Оптимизация экономико-математического моделирования производственного процесса.- М.: Финансы и статистика, 1974. – 376 с.
33. Методы оптимизации в экономико-математическом моделировании. – М.: Наука, 1991. – 448 с.
34. Плакунов М.К., Раяцкас Р.Л. Производственные функции в экономическом анализе. – Вильнюс: Минтис, 1984. – 308 с.
35. Интилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория.- М.: Прогресс, 1975. – 606с.
36. Браун М. Теория измерения технического прогресса.-М.: Статистика,1971.-121с.
37. Терехов Л.Л. Производственные функции.–М.: Статистика, 1974.–128 с.
38. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. – М.: Наука, 1979. – 304 с.
39. Ашманов С.А. Математические модели и методы в экономике.- М.: МГУ, 1980.-428с.
40. Clemu.C: Manufacturing Progress Functions, in: Review of Economics and Statistics, 1952, S.143-155.
41. Манкив Г. Макроекономика.- С.Петербург, 2000.-405с.
42. Фандель Гюнтер. Теорія виробництва і витрат / Пер з нім. під керівництвом і наук ред. М.Г. Трещака. – К.: Таксон, 2000. – 520 с.
43. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. – М.: АН СССР, 1959. – 344 с.
44. Леонтьев В. Межотраслевая экономика. – М.: Экономика, 1997.-276с.
45. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.
46. Goodland R., Daly H., El Seranty S. Population, Technology and Lifestyle, Island Press, Washington DC, 1992.

47. Шананин А.А. Исследование одного класса производственных функций, возникающих при макроописании экономических систем // Журн. вычисл. матем. и мат. физики. – 1984. – Т.24, №12. – С. 1799-1811.
48. Шананин А.А. Исследование одного класса функций прибыли, возникающих при макроописании экономических систем // Журн. вычисл. матем. и мат. физики. – 1985. – Т.25, №1. – С. 53-65.
49. Шананин А.А. Агрегированное описание группы отраслей при помощи функции приведения разных конечных продуктов к однородному продукту. – в кн. Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах.
50. Gutenberg E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd.1, Die Production, Berlin-Hendelberg-New-York, 1983, S.47-56.
51. Хайман Д.М. Современная микроэкономика: анализ и применение: В. 2-х т. – М.: Статистика, 1992.– 624с.
52. Klock, J.: Zur gegenwertigen Diskussion den betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie und Kostentheorie, in: Zeitschrift fur Betriebswirtschaft, 1969, Ergänzungsheft I, S.49-82.
53. Chenery H.B.: Engineering Production Functions, in: The Quarterly Journal of Economics, 1969, S.531.
54. Uzawa H. Production functions with constant elasticities of substitution. – Rev. of Econ.Stud., 1962, vol.29, №80.
55. Яременко Ю.В., Ершов Э.Б., Смышляев А.С. Модель межотраслевых взаимодействий.- “Экономика и математические методы”, 1975.- т.ХІ, вып.3.-216с.
56. Баркалов Н.Б. Производственные функции в моделях экономического роста. – М.: Издательство Московского университета, 1981. – 128с.
57. Гранберг А.Г. Математические модели социалистической экономики. – М.: Экономика, 1986.-675с.

58. Клейнер Г.Б., Сирота Б.М. Об одном классе производственных функций. // Экономика и матем.методы.-1978.- т.XIV, вып.5, -С.112-123.
59. Sato C. A two-level CES production function. – Rev. of Econ.Stud., 1967, vol.34, №98.
60. Solow R. Production function with variable elasticity at factor substitution: some analysis and testing. - Rev.Econ. and Statistics, 1961, vol.50.№4.
61. Arrow K.J., Chenery H.B., Minhas B.S. and Solow R.M.: Capital-Labor-Substitution and Economic Efficiency in: The Review of Economics and Statistics, 1968, S.225-250.
62. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.
63. Shacolman W.: Produktionen mit Konstanten Substitutions-elasticizaten, in: Jahrbuchen fur Nationalokonimie und Statistik, 1975, S.1-21.
64. Клейнер Г.Б., Пионтковский Д.И. Многофакторные производственные функции. // Экономика и матем.методы.-1999.- т.36, №1.-С.124-137
65. Клейнер Г.Б., Пионтковский Д.И. Многофакторные производственные функции с постоянными эластичностями предельной замены факторов. // Экономика и матем.методы.-2000.- т.39, №2.- С.114-127.
66. Клейнер Г.Б., Пионтковский Д.И. О характеристике производственных функций Солоу. // Экономика и матем.методы.-2000.- т.39, №1.- С.92-97.
67. Ляшенко І.М., Григорків В.С. До вдосконалення методів побудови виробничих функцій // Економіка України.–1998. – №10.– С. 83-85.
68. Григоркив В.С. Построение производственных функций при заданных линейных технологиях // Проблемы управления и информатики. – 1999. – №5. – С. 145-150.
69. Григоркив В.С. Обобщенные линейно однородные производственные функции // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – №5. – С. 124-132.

70. Григорків В.С. Побудова виробничих функцій з сепарабельними залежностями доходу та затрат ресурсів // Вісн. Київськ. ун-ту. Сер., Фізико-математичні науки. – 1999. – Вип.1. – С.184-190.
71. Ляшенко И.Н. Макромодели экономического роста. – К.: Вища школа, 1979. – 152 с.
72. Ляшенко И.Н., Михалевич М.В., Утеулиев Н.У. Методы эколого-экономического моделирования. – Нукус: Билим, 1994.-124с.
73. Джонстон Дж. Эконометрические методы.-М.: Статистика, 1980.-444с.
74. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 296 с.
75. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем.-.:Наука,1975.-178с.-
76. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
77. Канторович Л.В., Горстко А.Б. Оптимальные решения в экономике. – М.: Наука, 1972. – 232 с.
78. Григорків В.С., Буяк Л.М. Нові методи побудови виробничих функцій та їх застосування в економічному аналізі //Матеріали XI міжнародної наук.-практ. конференції “” Стратегія економічного розвитку в умовах глобалізації””.-Чернівці: Юніверс, 2000.-Т II.-С. 295-297.
79. Григорків В.С., Буяк Л.М. Про структурний підхід в економіко-математичному моделюванні виробничих та еколого-економічних функцій оптимальних випусків і затрат // Науковий вісник Чернівецького торговельно-економічного університету: Зб. наукових праць за матеріалами XIII міжнародної наук.-практ. конференції (9-10 квітня 2002 р., Чернівці). Вип.II. Економічні науки. У 2-х ч. -Чернівці: АНТ Лтд.,2002. -Ч II.-С. 178-184.

80. Григорків В.С., Буяк Л.М. Моделювання виробничих функцій оптимальних випусків у випадку двохсторонніх лінійних технологічних обмежень // Економічна кібернетика.-2001.-N 1-2.-С. 25-32.
81. Григорків В.С., Понюк В.В., Буяк Л.М. Моделювання оптимальних можливостей виробничих технологій // Науковий вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту КНТЕУ: Збірник наукових праць. Вип.ІІІ. Дослідження соціально-економічних проблем перехідного періоду.- Чернівці: АНТ Лтд.,2001.-С.374-376.
82. Григорків В.С., Буяк Л.М. Виробничі функції максимального та мінімального випусків і їх застосування у виробничому менеджменті // Науковий вісник Чернівецького університету : Випуск 139 . Економіка. – Чернівці: “Рута”,2002. –С.62-65.
83. Буяк Л.М. Побудова функції мінімальних витрат підприємства в умовах безбиткового виробництва //Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених “Економіко-математичні методи прийняття управлінських рішень на сучасному етапі”.- Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2003.-С 25-29.
84. Буяк Л.М. Моделювання виробничих функцій максимального випуску в умовах безбиткового виробництва //Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Роль регіонів у забезпеченні стійкого розвитку національної економіки України”.-Чернівці: АНТ Лтд, 2003.-Вип. І.- С.206-209.
85. Буяк Л.М. Про короткострокові та довгострокові виробничі функції // Вісник ТАНГ, Економіко-математичне моделювання. -Тернопіль: Вид. Економічна думка, 1999.-Вип. ІІ. №6.-С.55-59.
86. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. М.: Мир, 1972.-267с.

87. Линейное и нелинейное программирование / Ляшенко И.М., Карагодова Е.А., Черникова Н.В., Шор Н.З. – К.: Вища школа, 1975. – 372с..
88. Ашманов С.А. Линейное программирование.- М.: Наука, 1981.- 340с.
89. Макконел К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика. К.: Хагар-демос, 1993, -453с.
90. Жданов С.А. Экономические модели и методы в управлении производством. – М.: ДИС, 1998. – 168 с.
91. Драгун Л.М., Шляхова Я.В. Розвиток методики розрахунку безбитковості діючого виробництва // Фінанси України.- 2000.-№3.- С.18-25.
92. Скубій О.Л.Проблеми планування обсягів випуску продукції в умовах ринкової економіки // Вісник технологічного університету Поділля.- 1998.-№3.-С.45-49.
93. Скубій О.Л. Методика планування обсягу виробництва, собівартості продукції, прибутку та рентабельності // Вісник технологічного університету Поділля.- 1999.-№5.-С.88-91.
94. Трегобчук В., Веклич О. Необхідність еколого-економічної моделі ринкових реформ в Україні // Економіка України.-1997.- №4. - С.12-23.
95. Концепція економічної стабілізації і зростання в Україні // Економіка України.- 1997.- №12. -С.11-34.
96. Программа действия. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993.-92с.
97. Дюканов В. Стійкий розвиток в умовах глобалізації: чи має Україна шанс? // Економічний часопис. -1997. -№8.-С 3-8.
98. Концепція сталого розвитку України.- К., 1997.- 17 с.
99. Проблеми сталого розвитку України.- К., БМТ, 1998.- 121с.

100. Оленев Н.Н., Петров А.А., Поспелов И.Г. Регулирование экологических последствий экономического роста //Математическое моделирование. – 1988. – Т.10. – №8.-С.17–32.
101. Гофман К.Г., Гусев А.А. Экологические издержки и концепция экономического оптимума качества окружающей природной среды //Экономика и математические методы. – 1989. – Т.17. – №3.С.515–527.
102. Концепція економічної стабілізації і зростання в Україні // Економіка України.- 1997. -№12. -С.14-26.
103. Шевчук В. Про концепцію переходу України до сталого розвитку. Проблеми сталого розвитку.- К.: БМТ, 1988.-С. 23-27.
104. Яків М.Д., Борщевський В.В. Ринкова реформа в Україні: теорія та реальність // Регіональна економіка.- 1998.-№3.-С.10-21.
105. Перспективи економічного розвитку України: проблеми, пошук, впровадження.- Київ: НАН України, Рада по вивченню продуктивних сил України, 1999.- 178с.
106. Грабинський І.М. Сучасні моделі економічних систем. - К.: Либідь, 1998.-24с.
107. Гурман В.И. Оптимальное управление природно-экономическими системами. – М.: Наука, 1980. – 295 с.
108. Ляшенко І.М. Еколого-економічне моделювання //Проблеми сталого розвитку України. – К.: БМТ. – 1998. – С.205–213.
109. Горстко А., Угольницкий Г. Введение в моделирование эколого-экономических систем.- Ростов на Дону, Ростовский университет, 1990.- 286с.
110. Моисеев Н.Н. Кибернетическое описание эколого-экономических систем // Кибернетика. – 1977. – №6.–С.132-145.

111. Леонтьев В.В., Форд Д. Межотраслевой анализ влияния структуры экономики на окружающую среду // Экономика и математические методы. – 1972. – Т.8. – №3. – С.370–400.
112. Раяцкас Р.Л., Суткайтис В.П. Окружающая среда и проблемы планирования. – М.: Наука, 1981. – 272 с.
113. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1971. – 463 с.
114. Форрестер Дж. Мировая экономика: Пер. с англ. – М.: Наука, 1978. – 168с.
115. Daly H.E. Economics as a Life Science //The Journal of Political Economy. – 1968. –V.76. – №3.
116. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. The Limits to Growth. – A Report of the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind. New York, 1972.-V.232.
117. Моделирование социо-эколого-экономической модели региона/ Под ред. В.И. Гурмана, Е.В. Рюминой – М.: Наука, 2001.– 175 с.
118. Глухов В.В., Лисочкина Т.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. -СПб., 1995.-211с.
119. Бридун Є.В. Обґрунтування вибору системи компенсації еколого-економічних збитків на основі міжгалузевого балансу // Науковий вісник Акад. держ. податкової служби України. – 2002. – № 2(16). – С. 65-77.
120. Ляшенко І.М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку.– К.: Вища школа, 1999. – 236 с.
121. Ляшенко І.М. До методології еколого-економічного моделювання //Економіка України.– 1999. – №6. – С.69–78.
122. Григорків В.С. Моделювання оптимального контролю над забрудненням довкілля //Вісн. Київськ. ун-ту. Сер. Фізико-математичні науки.– 1998.– Вип.1.– С. 155–163.

123. Григорків В.С. Оптимальне інвестування еколого-економічної системи //Вісн. Київськ. ун-ту. Сер. Фізико-математичні науки.– 1998.– Вип.3.– С.169–174.
124. Григоркив В.С. Моделирование многосекторной эколого-экономической системы //Кибернетика и системный анализ.– 1999.– №3.– С.147–157.
125. Григорків В.С. Оптимізація економіки в умовах динамічної еколого-економічної рівноваги //Вісн. Київськ. ун-ту. Сер. Фізико-математичні науки.– 1999.– Вип.2.– С. 218–227.
126. Григоркив В.С. Агрегированная модель оптимизации экономики с эколого-экономическим критерием //Кибернетика и системный анализ.– 1999.– №4.– С.124–133.
127. Григоркив В.С., Ляшенко И.Н. Оптимизационная динамическая модель Леонтьева-Форда в условиях экологического равновесия //Кибернетика и системный анализ.– 2000.– №2.– С.73–79.
128. Буяк Л.М. Про еколого-економічні функції та методи їх побудови //Економічна кібернетика.- 2002.-N1-2.-С.81-87.
129. Григорків В.С., Буяк Л.М. Побудова еколого-виробничих функцій // Науковий вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту КНТЕУ: Збірник наукових праць. Вип.І. Економічні науки.- Чернівці: АНТ Лтд, 2002.-С.311-317.
130. Буяк Л.М. Моделювання еколого-економічної функції та приклади її побудови // Науковий вісник Чернівецького торговельно-економічного університету: Зб. наукових праць за матеріалами XIII міжнародної наук.-практ. конференції (9-10 квітня 2002 р., Чернівці). Вип.ІІ. Економічні науки. У 2-х ч. -Чернівці: АНТ Лтд, 2002. Ч .ІІ.-С. 193-197.
131. Экономические задачи и их программное обеспечение. Учебно-методическое пособие. – М.: Издательство Московского университета, 1986.- 162 с.

132. Матвеев Л.А. Компьютерная поддержка решений. Учебник. – СПб: Спец литература, 1998.-347с.
133. Дамбраускас А.П. Симплексный поиск. – М.: Энергия, 1979.-84с.
134. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления.- М.: Наука, 1984.– С.225-233.
135. Пушкар О.І. Економіко-математичне моделювання розвитку виробничих систем.-К.: Вища школа, 1998.– 276 с.
136. Сытник В.Ф. Карагодова Е.А. Математические методы в планировании и управлении предприятиями.- К.: Вища школа, 1985. – 214 с.
137. Теория фирмы. / Под ред. В.М. Гальперина.-СПб: Экономическая школа, 1995. – 534 с.
138. Дегтярева О.И., Полянова Т.М., Саркисов С.В. Внешнеэкономическая деятельность. Уч. пособие. – М.: Дело. 1999. – 320 с.
139. Козик В.В., Панкова Л.А. Міжнародні економічні відносини: Навч. посіб. – 2-ге вид., - К.: Знання, 2001. – 277 с.
140. Гранберг. А.Г. Межрегиональные межотраслевые модели мировой экономики.- Новосибирск: Наука, 1983. – 243 с.
141. Киреев А.П. Международная экономика. В2-х ч. Ч. II. Международная макроэкономика: открытая экономика и макроэкономическое моделирование. Уч. Пособие для вузов.-М.: Межд. Отношения, 1999.- 448с.
142. Буяк Л.М. Міжгалузеві балансові моделі експортно-імпортої діяльності //Вісник ТАНГ, Економіко-математичне моделювання. -Тернопіль:Вид. Економічна думка, 2002.-Вип. II.-N8.-С.63-70.
143. Михалевич М.В., Сергиенко И.В., Кошлай Л.Б. Моделирование внешнеэкономической деятельности в условиях переходной экономики // Кибернетика и системный анализ.- 2001.-№4.-С 61-78.

144. Статистичний щорічник України за 1997 р. – Київ: Держ Комітет статистики України, 1998. – 648 с.
145. Україна в цифрах: Короткий статистичний довідник //Держкомстат України. – К.: Техніка, 1998.-242 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Структура програмного забезпечення моделювання функцій оптимальних випусків

Для управління запропонованими моделями розроблено структурно-функціональну схему підтримки прийняття оптимізаційних рішень та програмні продукти для реалізації модулів системи, інтерфейс користувача на мові програмування C++ Builder.

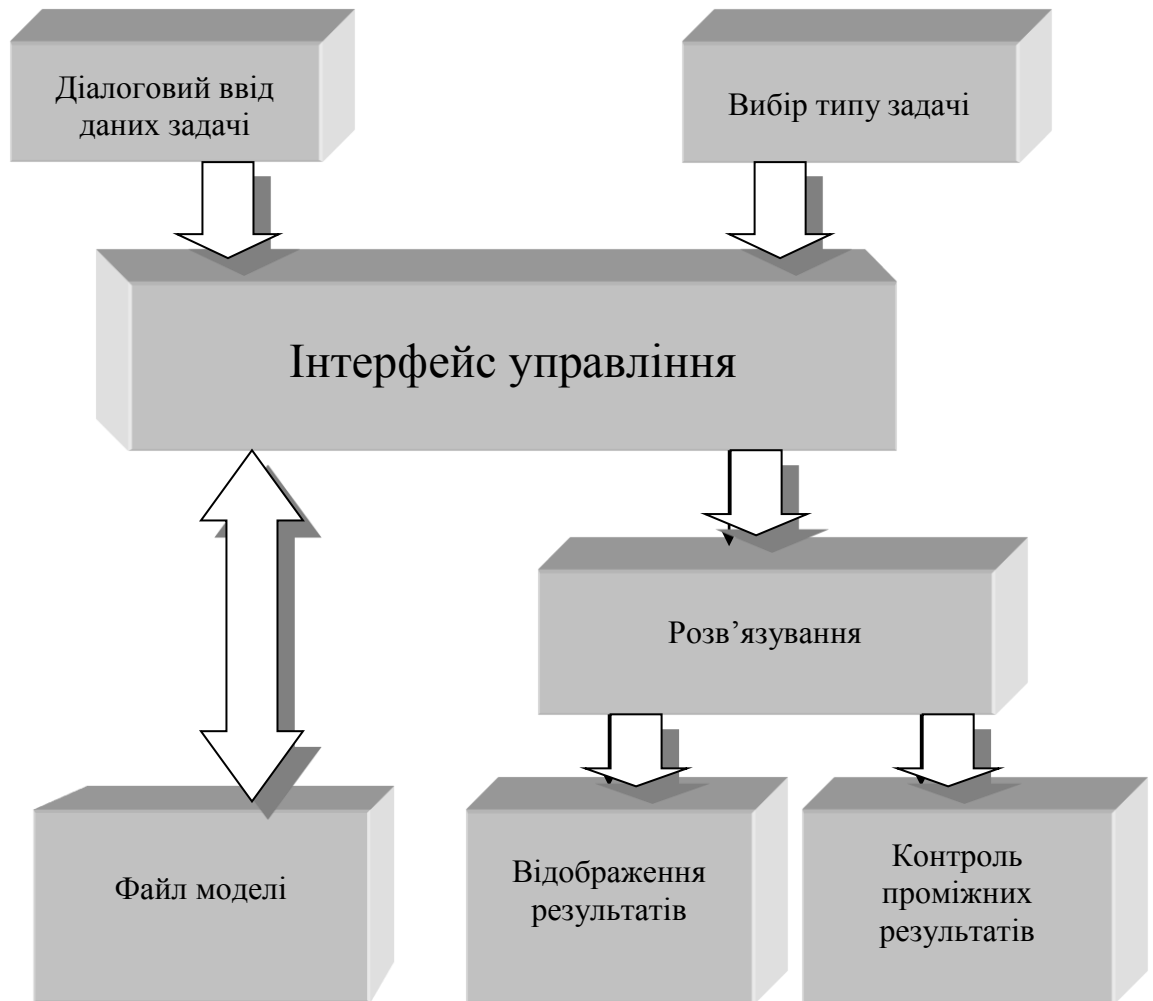
В додатку А1 приведена програмно інформаційна структура обчислювальної моделі. **В додатку А2** відображена структурна схема класів комп'ютерної програми. Зокрема, TForm1-клас діалогового вікна управління даними; SLAR-структура для матричних обчислень; LP-структура для опису задачі лінійного програмування. Алгоритми розв'язання задачі лінійного програмування і систем лінійних алгебраїчних рівнянь розміщені в глобальних функціях. **В додатку А3** приведена структурна схема управління обчислювальним експериментом.

При розв'язуванні систем лінійних алгебраїчних рівнянь великих розмірностей або погано обумовлених було застосовано QR-алгоритм (алгоритм Гівенса), що дозволяє розпаралелення і тим самим прискорює швидкодію знаходження розв'язку. Ідея QR-алгоритму полягає в заміні матрично-векторного рівняння $Ax=b$, де A – квадратна матриця, b – відомий вектор, x – шуканий розв'язок, на рівняння $QRx=b$, де Q – ортогональна, R – верхня трикутна матриці, що задовольняють умові $A=QR$. Для розкладу матриці A на добуток QR застосований метод Гівенса.

Структура програмного забезпечення QR-алгоритму відображена у додатку А4.

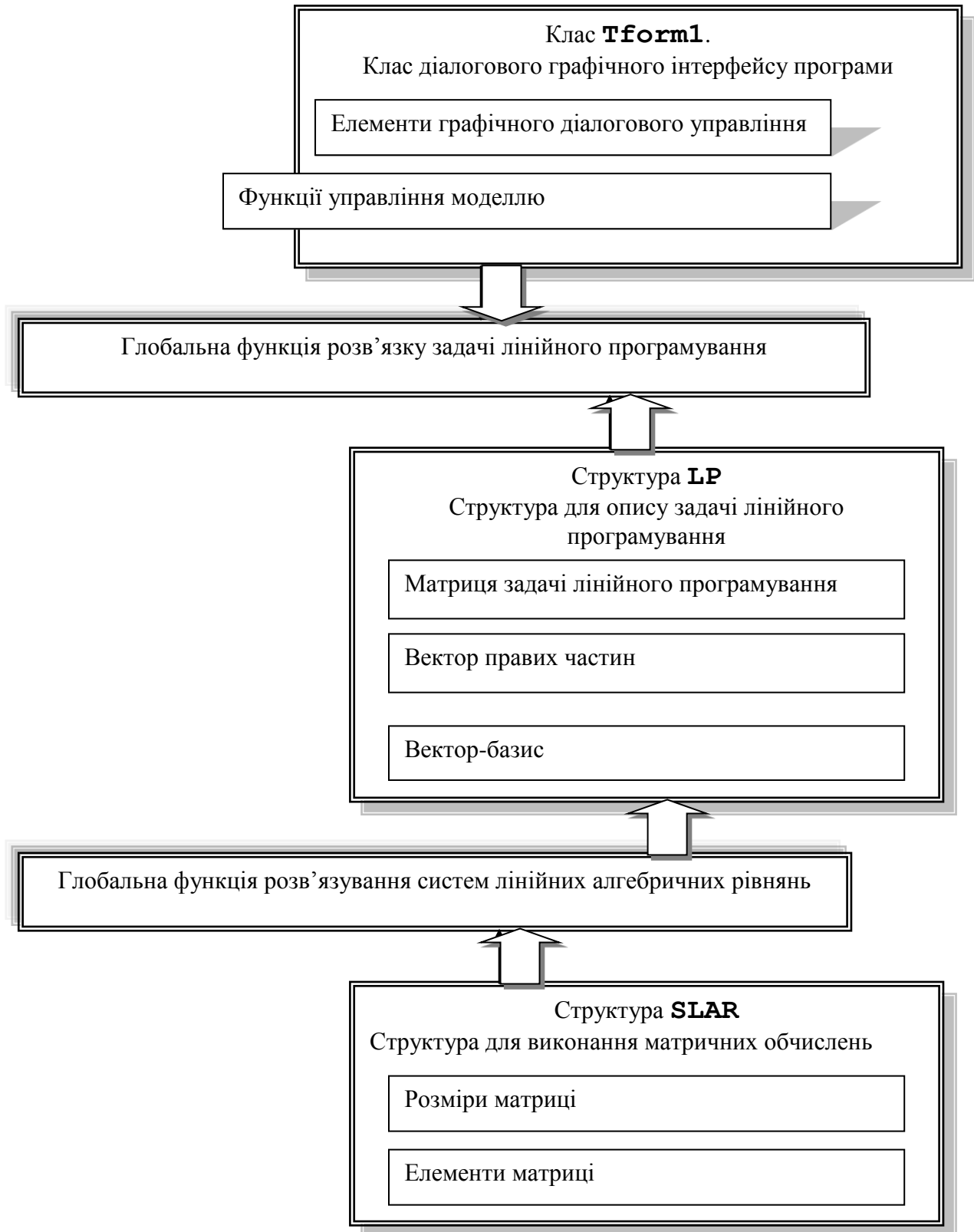
Для експериментів використовувався паралельний комп'ютер Origin2000, який розміщений в Parallel Computing Laboratory, University of Calabria, Італія (origin.parcolab.unical.it). Комп'ютер Origin2000 містить 8 RICS- процесорів MIPS R10000 з тактовою частотою 250MHz і 512 Мб загальної оперативної пам'яті. Кожний процесор має кеш-пам'ять 4 Мб. Origin2000 працює під управлінням ОС UNIX (IRIX). Дослідження проводились за допомогою тестової паралельної програми розробленої з використанням MPI технології.

Додаток А1
Програмно-інформаційна структура обчислювальної моделі



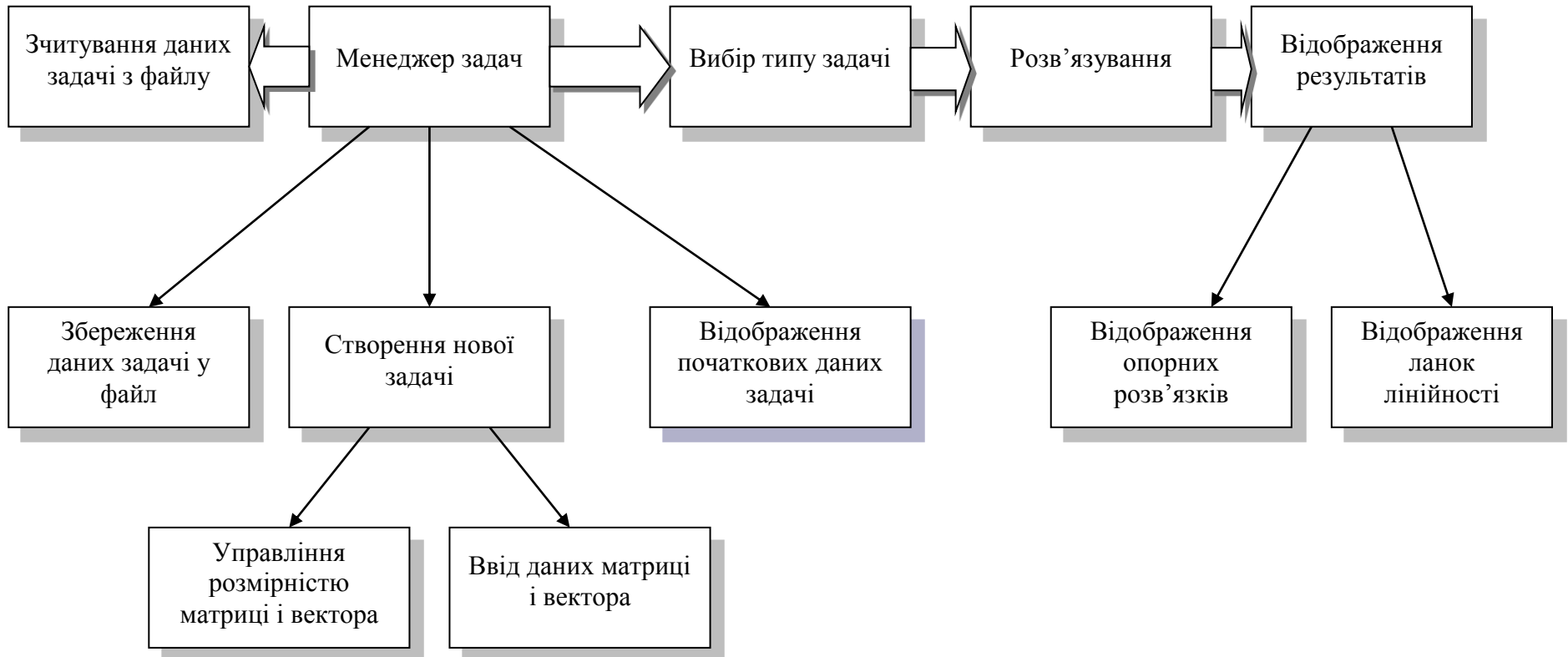
Додаток А2

Структурна схема класів і функцій програмного забезпечення

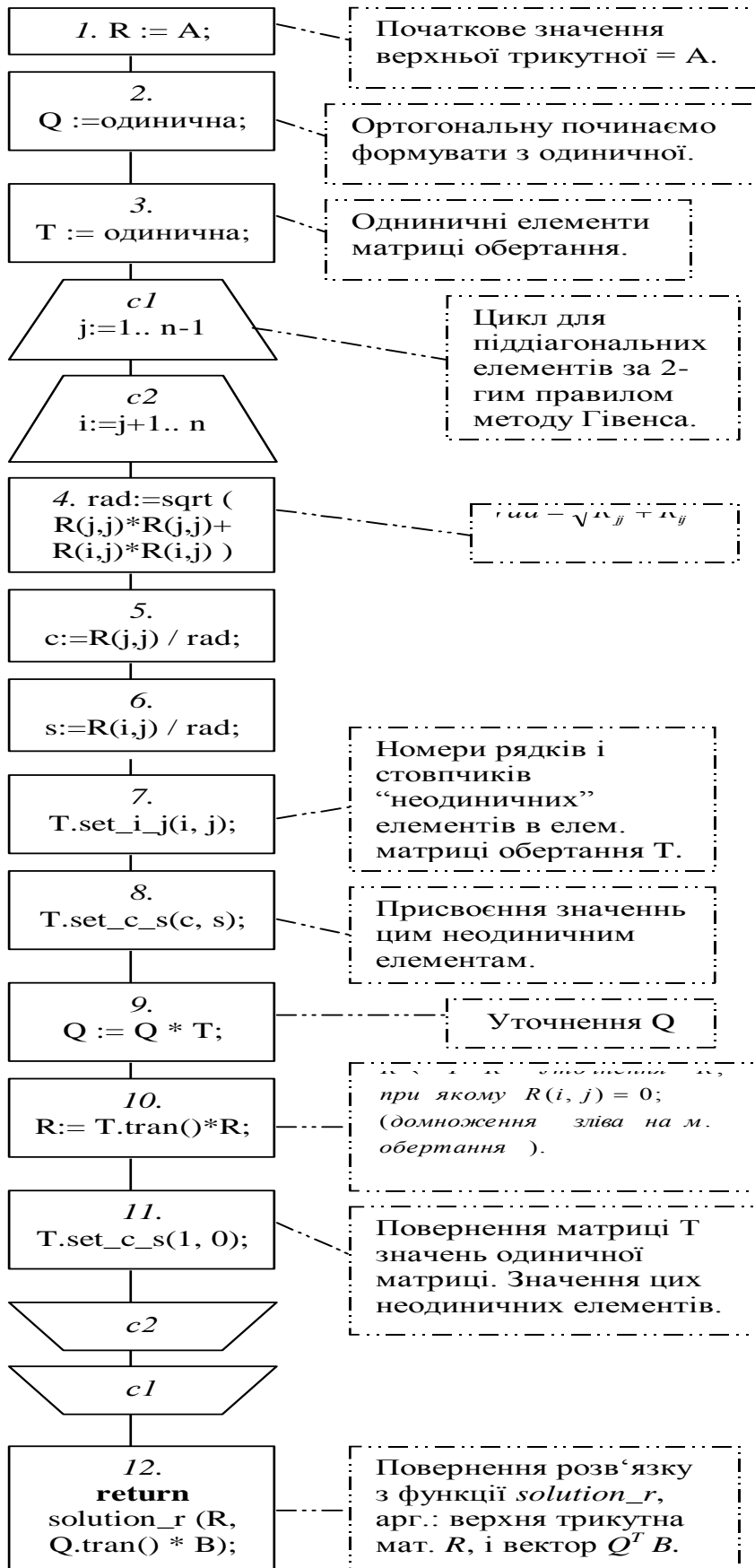


Додаток А3

Схема управління обчислювальним експериментом



Функція QR_Hivens.



A – вхідна матриця рівнянь;

B – вектор вільних членів.

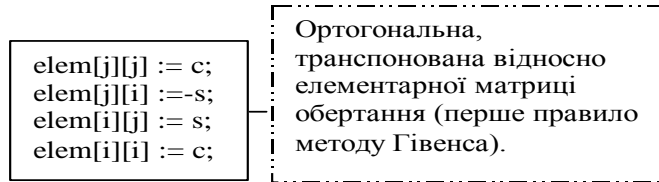
n – порядок A.

Матриця R (n x n) – містить початкове значення верхньої трикутної.

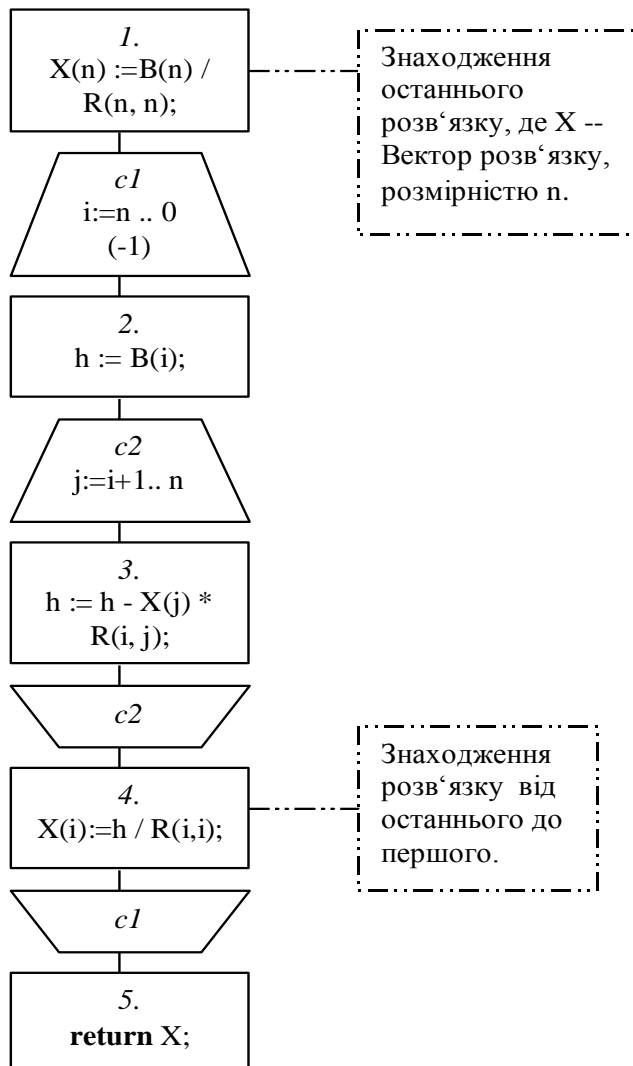
Матриця Q (n x n) – ортогональна.

Матриця T (n x n) – транспонована до елементарної м. обертання.

Деталізація кроку 8.



Обчислення вектора розв'язку $RX = B$, де R —верхня трикутна. Функція `solution_r`.



Додаток В1**Витяг із збірника рецептур на хліб житній**

Назва матеріалів	Витрати сировини на 100 кг борошна, кг.
Борошно пшеничне 1-го гатунку	30.0
Борошно житне обдирне	70.0
Сіль	1.5
Дріжджі пресовані	0.1
Патока	6.0
Всього матеріалів	107.6
Олія (на змащ. форм)	0.15

Додаток В2

Виробниче завдання і розрахунок виробничої рецептури

Організація

Форма №214

Підприємство Хлібозавод №2

Зміна №2

Бригада №2

Бригадир Беляєва Т.Г.

Початок роботи 5 вересня 2000 р.,20 год.

Закінчення 6 вересня 2000 р.,08 год.

Назва виробу , сорт , вага	Виробниче завдання		Норма виходу при фактичній вологості борошна,%	Маса борошна і матеріалів по назві і сортах, необхідних для виконання завдання по нормах, кг.					
	Кількість , шт.	Маса , кг.		Борошно пшеничне 2-го сорту, вологість 12.9%	Борошно житнє обдирне , вологість 12.3%	Сіль	Дріжджі пресовані	Патока	Масло рослинне (на змащення форм)

1,Хліб житній	3650	3650	147,81	741,0	1729,0	37,0	2,5	148,2	0,5
2. Хліб пшеничний	3000	1500	136,6	1100,0		14,3	5,5		0,2
Всього	6650	5150	284,41	1841,0	1729,0	51,3	8,0	148,2	0,7

Додаток В3. Рецептурні характеристики продукції ТзОВ "Тернопільхлібпром"

№ п/п	Найменування продукції	Маса, кг	Інгредієнти, що витрачаються на 1 т. готової продукції:					
			Борошно в/г. кг	Дріжджі, кг	Сіль, кг	Цукор, кг	Борошно 1 г, кг	Борошно житнє, кг
1	Хліб білий 1 гатунку	0,65		11,63	10,08		775,19	
2	Хліб Збручанський формовий	0,7	461,54	11,54	11,54	7,69	307,69	
3	Хліб пшеничний заварний	0,7		11,24	11,24		674,16	74,91
4	Хліб Подільський покращений подовий	0,82		3,69	11,07		295,20	442,8
5	Хліб житній духмяний	0,6		21,43	10,7		428,57	285,7
6	Хліб Збручанський подовий	0,65	480,0	12,0	12,0	8,0	320,0	
7	Хліб Тернопільський особливий	0,65	461,54	23,08	11,54	7,69	307,7	
8	Хліб Микулинецький	0,6	787,4	23,62	11,81	7,87		
9	Хліб пряний	0,8		10,34	10,34	6,9		517,24
10	Хліб Тернопільський новий	0,6	526,3	22,56	11,28	7,52		225,5
11	Хліб Подільський подовий	0,85		3,66	10,99			366,3
12	Хліб козацький	0,75		11,11	11,11		296,3	444,44

13	Хліб козацький формовий	0,75		10,87	10,87		289,7	434,78
14	Батон Тернопільський новий	0,45		15,21	11,41	22,81	760,46	
15	Батон Подільський в/г.	0,4	763,36	11,45	11,45	30,53		
16	Батон стрілецький	0,4	769,23	23,08	11,54	23,08		
17	Рогалик туристичний	0,15	763,36	22,9	11,45	22,9		
18	Здоба з повидлом	0,1	714,29	21,43	7,14	57,14		
19	Булочка домашня	0,09	645,16	19,35	6,45	96,77		
20	Коровай святковий	2,0	727,27	36,36	7,27	109,09		
21	Плетенка з маком вищого гатунку	0,4	769,23	23,08	11,54	30,77		
22	Булочка „Веснянка” вищого гатунку	0,15	684,93	27,40	6,85	68,49		
23	Сайка Галицька вищого гатунку	0,2	763,36	11,45	11,45	22,9		

Продовження додатку В3

№ п/п	Найменування продукції	Маса, кг	Інгредієнти, що витрачаються::					
			Тмин, кг	Борошно 2 г. кг	Патока, кг	Олія, кг	Концентрат квасового сусла, кг	Маргарин, кг
1	Хліб білий 1 гатунку	0,65				1,08		
2	Хліб Збручанський формовий	0,7				1,6		
3	Хліб пшеничний заварний	0,7				1,6		
4	Хліб Подільський покращений подовий	0,82				0,6		
5	Хліб житній духмяний	0,6	3,57		14,29	4,17		
6	Хліб Збручанський подовий	0,65				1,6		
7	Хліб Тернопільський особливий	0,65				7,69		
8	Хліб Микулинецький	0,6	7,87			1,6		
9	Хліб пряний	0,8	2,07	137,93	20,7	1,6	34,48	
10	Хліб Тернопільський новий	0,6	3,2			1,6		

11	Хліб Подільський подовий	0,85		366,3		0,6		
12	Хліб козацький	0,75			22,22	1,6		
13	Хліб козацький формовий	0,75			21,74	1,6		
14	Батон Тернопільський новий	0,45				1,6		22,81
15	Батон Подільський в/г.	0,4	6,11			24,5		
16	Батон стрілецький	0,4				1,6		38,5
17	Рогалик туристичний	0,15				1,6		53,4
18	Здоба з повидлом	0,1				1,6		50,0
19	Булочка домашня	0,09				1,6		45,16
20	Коровай святковий	2,0				1,6		72,73
21	Плетенка з маком вищого гатунку	0,4				19,23		
22	Булочка „Веснянка" вищого гатунку	0,15				20,55		54,79
23	Сайка Галицька вищого Гатунку	0,2				1,6		15,27

Продовження додатку В3

№ п/п	Найменування продукції	Маса, кг	Інгредієнти, що витрачаються::						
			Покращувач, кг	Молоко сухе, кг	Мак. к г	Вода, кг	Ванілін, кг	Яйця, шт.	Повидло, кг
1	Хліб білий 1 гатунку	0,65	1,16						
2	Хліб Збручанський формовий	0,7							
3	Хліб пшеничний заварний	0,7							
4	Хліб Подільський покращений подовий	0,82							
5	Хліб житній духмяний	0,6	3,57						
6	Хліб Збручанський подовий	0,65							
7	Хліб Тернопільський особливий	0,65	0,38						
8	Хліб Микулинецький	0,6							
9	Хліб пряний	0,8							
10	Хліб Тернопільський новий	0,6	3,01						
11	Хліб Подільський подовий	0,85							
12	Хліб козацький	0,75							
13	Хліб козацький формовий	0,75							
14	Батон Тернопільський новий	0,45	1,52						
15	Батон Подільський в/г.	0,4							
16	Батон стрілецький	0,4							
17	Рогалик туристичний	0,15							
18	Здоба з повидлом	0,1					0,18		142,86
19	Булочка домашня	0,09			96,77			40	
20	Коровай святковий	2,0		14,55			1,22	87	
21	Плетенка з маком вищого гатунку	0,4	0,46	9,62	7,69				
22	Булочка „Веснянка" вищого гатунку	0,15		17,12				40	
23	Сайка Галицька вищого гатунку	0,2							

Додаток В4

Середньомісячні обсяги залучених і реально доступних сировинних ресурсів та основних інгредієнтів виробничого процесу.

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця виміру	Обсяг ресурсу	Середня ціна одиниці, грн
1.	Борошно в/г.	кг.	131520	1,0
2.	Борошно 1-го гат.	кг.	218140	0,9
3.	Борошно 2-го гат.	кг.	18312	0,7
4.	Борошно житнє	кг.	75496	0,56
5.	Олія рослинна	кг.	1740	2,70
6.	Маргарин	кг.	1450	3,30
7.	Дріжджі	кг.	6324	2,98
8.	Сіль	кг.	16992	0,35
9.	Цукор	кг.	2976	2,56
10.	Повидло	кг.	302	9,56
11.	Мак	кг.	336	9,0
12.	Тмин	кг.	192	5,62,
13.	Яйця	шт.	1956	0,40
14.	Покращувач "Штабілаза"	кг.	13,8	18,54
15.	Сухе молоко	кг.	55	2,66
16.	Ванілін	кг.	6,33	138
17.	Концентрат квасового сусла	кг.	38,2	1,25
18.	Патока	кг.	210	0,08

Додаток В5. Економічна характеристика виробництва основних видів продукції ТзОВ „Тернопільхлібпром”

№ п/п	Найменування продукції	Маса, кг	Собівартість, грн. (разом з ПДВ):		Реалізаційні ціна, грн.:		Прибуток від реалізації, грн.:	
			Одного виробу	1 т. продукції	Одного виробу	1 т. продукції	Одного виробу	1 т. продукції
1	Хліб білий 1 гатунку	0,65	0,596	919,69	0,769	1183,08	0,029	44,52
2	Хліб Збручанський формовий	0,7	0,628	897,49	0,83	1185,71	0,048	68,86
3	Хліб пшеничний заварний	0,7	0,605	863,96	0,809	1155,71	0,022	31,37
4	Хліб Подільський покращений подовий	0,82	0,561	683,32	0,727	886,59	0,032	39,25
5	Хліб житній духмяний	0,6	0,39	649,64	0,54	900,0	0,064	89,45
6	Хліб Збручанський подовий	0,65	0,608	937,26	0,81	1249,23	0,052	80,86
7	Хліб Тернопільський особливий	0,65	0,632	972,69	0,856	1316,92	0,065	100,60
8	Хліб Микулинецький	0,6	0,600	1000,66	0,862	1436,67	0,102	170,22
9	Хліб пряний	0,8	0,534	668,05	0,725	906,25	0,0564	70,55
10	Хліб Тернопільський новий	0,6	0,528	881,28	0,775	1291,67	0,619	153,10
11	Хліб Подільський подовий	0,85	0,538	632,27	0,72	847,06	0,049	58,08
12	Хліб козацький	0,75	0,512	682,55	0,69	920,0	0,0504	67,25
13	Хліб козацький формовий	0,75	0,511	681,75	0,68	906,67	0,043	57,39
14	Батон Тернопільський новий	0,45	0,485	1078,93	0,644	1431,11	0,039	87,42
15	Батон Подільський в/г.	0,4	0,469	1172,54	0,708	1770,0	0,108	270,01
16	Батон стрілецький	0,4	0,494	1236,58	0,76	1900,0	0,124	311,92
17	Рогалик туристичний	0,15	0,196	1310,53	0,34	2266,7	0,0805	536,83
18	Здоба з повидлом	0,1	0,223	2234,03	0,37	3770,0	0,082	838,52
19	Булочка домашня	0,09	0,251	2786,99	0,42	4666,67	0,091	1016,34
20	Коровай святковий	2,0	11,123	5561,55	16,80	8400,0	2,334	1168,77
21	Плетенка з маком вищого гатунку	0,4	0,557	1392,66	0,85	2125,73	0,136	339,81
22	Булочка „Веснянка” вищого гатунку	0,15	0,287	1917,45	0,46	3073,33	0,082	547,44
23	Сайка Галицька вищого гатунку	0,2	0,2032	1016,24	0,34	1700,0	0,074	369,26

Додаток В6**Результати комп'ютерного моніторингу побудови ВФМКВ**

$$F(R, \lambda (1)) = 1.601 R[1] + 0.965 R[2],$$

$$O[1] = \{R \in R^4 \mid$$

$$0.003 R[2] + 1.0 R[3] \geq 0.017 R[1];$$

$$1.0 R[4] \geq 0.015 R[1] + 0.015 R[2];$$

$$0.2 R[1] \geq 0.1 R[2];$$

$$0.002 R[2] \geq 0.0 R[1]\};$$

$$F(R, \lambda (2)) = 0.635 R[1] + 64.358 R[4],$$

$$O[2] = \{R \in R^4 \mid$$

$$1.001 R[1] + 1.0 R[2] \geq 66.685 R[4];$$

$$1.0 R[3] + 0.2 R[4] \geq 0.02 R[1];$$

$$0.003 R[1] \geq 0.071 R[4];$$

$$0.163 R[4] \geq 0.003 R[1]\},$$

$$F(R, \lambda (3)) = 3.049 R[1],$$

$$O[3] = \{R \in R(4)$$

$$1.0 R[2] \geq 1.5 R[1];$$

$$1.0 R[3] \geq 0.012 R[1];$$

$$1.0 R[4] \geq 0.037 R[1] \},$$

$$F(R, \lambda(4)) = 1.248 R[2] + 94.148 R[3]$$

$$\begin{aligned} O[4] = \{R \in R^4 \mid \\ 1.000 R[1] &\geq 0.177 R[2] + 58.801 R[3] \\ 1.000 R[4] &\geq 0.018 R[2] + 0.882 R[3] \\ 0.094 R[3] &\geq 0.001 R[2] \\ 0.002 R[2] &\geq 0.016 R[3] \} \end{aligned}$$

$$F(R, \lambda(5)) = 15.375 R[2]$$

$$\begin{aligned} O[5] = \{R \in R^4 \mid \\ 1.000 R[1] &\geq 9.000 R[2] \\ 1.000 R[3] &\geq 0.150 R[2] \\ 1.000 R[4] &\geq 0.150 R[2] \} \end{aligned}$$

$$F(R, \lambda(6)) = 31.747 R[3] + 70.719 R[4]$$

$$\begin{aligned} O[6] = \{R \in R^4 \mid \\ 1.000 R[1] &\geq 49.968 R[3] + 10.011 R[4] \\ 1.000 R[2] + 50.003 R[3] &\geq 56.668 R[4] \\ 0.133 R[3] &\geq 0.044 R[4] \\ 0.136 R[4] &\geq 0.136 R[3] \} \end{aligned}$$

$$F(R, \lambda(7)) = 243.902 R[3]$$

$$O[7] = \{R \in R^4 \mid$$

$$\begin{aligned} 1.000 R[1] &\geq 80.000 R[3] \\ 1.000 R[2] &\geq 120.000 R[3] \\ 1.000 R[4] &\geq 3.000 R[3] \} \end{aligned}$$

$$F(R, \text{lambda}(8)) = 102.465 R[4]$$

$$\begin{aligned} O[8] = \{R \in R^4 \mid \\ 1.000 R[1] &\geq 59.979 R[4] \\ 1.000 R[2] &\geq 6.665 R[4] \\ 1.0 R[3] &\geq 1.000 R[4] \} \end{aligned}$$

Додаток В7

Основні показники господарської діяльності ТзОВ “Тернопільхлібпром”
за січень – листопад 1999 року.

Основні показники	Один. виміру	Кількість
Обсяг продукції в порівняльних цінах станом на 1.01.1999 р.	тис. грн.	5867
Обсяг продукції в діючих цінах без вартості давальницької сировини	тис. грн.	5193
Собівартість товарної продукції без вартості давальницької сировини	тис. грн.	4763
Затрати на 1 грн. товарної продукції	коп.	0,92
Прибуток від випуску товарної продукції	тис. грн.	430
Рентабельність товарної продукції	%	9,0

Додаток В8

Собівартість товарної продукції по розрахунковій ціні та по факту за листопад 1999 року

Статті витрат	Величина, тис.грн.		Відхилення	Причини відхилень
	План	Факт		
Борошно	273,8	286,1	+ 4.49%	Зміни оптових цін
Доп. матеріали	44,5	40,4	- 9.2%	Здешевлення олії, маргарину
ТЗВ	17,7	14,0	- 20.9%	У розрахунку на х/б вироби прийнято коеф 5.96%
Упаковка	0,9	0,9	-	
Брак	0	0,5		Аварійне припинення подачі електроенергії
Паливо та електроенергія	24,6	33,7	+37%	Зміна тарифів на опалення та здорожчання енергоносіїв
Заробітна плата	24,5	22,4	-8.57%	Ненарахована премія
Нарахування на з/п	9,2	8,4	- 8.7%	Зменшення загального р- ру з/п
Утримання обладнання	18,5	17,4	-6%	
Загальнозаводсь кі витрати	128,4	111,8	-12,9%	

Позавиробничі витрати	10,9	24,9	+128%	Транспортування продукції за рахунок підприємства
Повна собівартість	563,0	560,5	-0.45%	

Додаток С

Оптимізаційна модель експортно-імпортного сальдо і результати її
практичної реалізації

Оптимізаційна модель максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт має вигляд (4.8)-(4.13) і дозволяє оптимізувати структуру експорту і імпорту з врахуванням існуючого виробничого потенціалу, зовнішнього попиту на виготовлену продукцію і середніх цін світового ринку. В додатку наведена динаміка основних статистичних показників (табл.С1), які характеризують рівень зовнішньоекономічної діяльності. В якості вихідних даних для обчислення максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт використані реальні дані статичного міжгалузевого балансу за 1996 рік – матриця B , вектори індивідуального (вектор α), державного (вектор d), інвестиційного (вектор $i^{(m)}$) споживання (дані представлені у діючих цінах реалізації 1996 р., млн.грн.) [144]. Крім того при створенні інформаційного забезпечення моделі використовувались оцінки ємності зовнішніх ринків (вектор $e^{(k)}$), отримані від Міністерства зовнішньоекономічних зв'язків і торгівлі України, та оцінки наявних виробничих потужностей (вектор x), отримані від Мінекономіки України [145]. Наявні дані представлені такими галузями:

- 1.Електроенергетика
- 2.Нафтогазова
- 3.Вугільна
- 4.Інші паливні
- 5.Чорна металургія
- 6.Кольорова металургія
- 7.Хімія, нафтохімія
- 8.Машинобудування

- 9.Лісна, д/о
- 10.Будівельні матеріали
- 11.Легка
- 12.Харчова
- 13.Інші галузі
- 14.Будівництво
- 15.Сільське господарство
- 16.Транспорт, зв'язок
- 17.Торгівля, г/х
- 18.Інші види діяльності

В таблицях С2 наводяться результати поваріантних розрахунків по даній оптимізаційній моделі. В таблиці С3 реалізовано їх порівняння з реальною структурою експорту та імпорту в цей період. Завдяки цьому здійснено змістовний аналіз впливу нестабільних параметрів моделі на отримані з її допомогою рекомендації.

Додаток С

Оптимізаційна модель експортно-імпортного сальдо і результати її
практичної реалізації

Оптимізаційна модель максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт має вигляд (4.8)-(4.13) і дозволяє оптимізувати структуру експорту і імпорту з врахуванням існуючого виробничого потенціалу, зовнішнього попиту на виготовлену продукцію і середніх цін світового ринку. В додатку наведена динаміка основних статистичних показників (табл.С1), які характеризують рівень зовнішньоекономічної діяльності. В якості вихідних даних для обчислення максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт використані реальні дані статичного міжгалузевого балансу за 1996 рік – матриця B , вектори індивідуального (вектор α), державного (вектор d), інвестиційного (вектор $i^{(m)}$) споживання (дані представлені у діючих цінах реалізації 1996 р., млн.грн.) [144]. Крім того при створенні інформаційного забезпечення моделі використовувались оцінки ємності зовнішніх ринків (вектор $e^{(k)}$), отримані від Міністерства зовнішньоекономічних зв'язків і торгівлі України, та оцінки наявних виробничих потужностей (вектор x), отримані від Мінекономіки України [145]. Наявні дані представлені такими галузями:

- 1.Електроенергетика
- 2.Нафтогазова
- 3.Вугільна
- 4.Інші паливні
- 5.Чорна металургія
- 6.Кольорова металургія
- 7.Хімія, нафтохімія
- 8.Машинобудування

- 9.Лісна, д/о
- 10.Будівельні матеріали
- 11.Легка
- 12.Харчова
- 13.Інші галузі
- 14.Будівництво
- 15.Сільське господарство
- 16.Транспорт, зв'язок
- 17.Торгівля, г/х
- 18.Інші види діяльності

В таблицях С2 наводяться результати поваріантних розрахунків по даній оптимізаційній моделі. В таблиці С3 реалізовано їх порівняння з реальною структурою експорту та імпорту в цей період. Завдяки цьому здійснено змістовний аналіз впливу нестабільних параметрів моделі на отримані з її допомогою рекомендації.

Додаток С

Оптимізаційна модель експортно-імпортного сальдо і результати її
практичної реалізації

Оптимізаційна модель максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт має вигляд (4.8)-(4.13) і дозволяє оптимізувати структуру експорту і імпорту з врахуванням існуючого виробничого потенціалу, зовнішнього попиту на виготовлену продукцію і середніх цін світового ринку. В додатку наведена динаміка основних статистичних показників (табл.С1), які характеризують рівень зовнішньоекономічної діяльності. В якості вихідних даних для обчислення максимального перевищення надходжень від експорту над витратами на імпорт використані реальні дані статичного міжгалузевого балансу за 1996 рік – матриця B , вектори індивідуального (вектор α), державного (вектор d), інвестиційного (вектор $i^{(m)}$) споживання (дані представлені у діючих цінах реалізації 1996 р., млн.грн.) [144]. Крім того при створенні інформаційного забезпечення моделі використовувались оцінки ємності зовнішніх ринків (вектор $e^{(k)}$), отримані від Міністерства зовнішньоекономічних зв'язків і торгівлі України, та оцінки наявних виробничих потужностей (вектор x), отримані від Мінекономіки України [145]. Наявні дані представлені такими галузями:

- 1.Електроенергетика
- 2.Нафтогазова
- 3.Вугільна
- 4.Інші паливні
- 5.Чорна металургія
- 6.Кольорова металургія
- 7.Хімія, нафтохімія
- 8.Машинобудування

- 9.Лісна, д/о
- 10.Будівельні матеріали
- 11.Легка
- 12.Харчова
- 13.Інші галузі
- 14.Будівництво
- 15.Сільське господарство
- 16.Транспорт, зв'язок
- 17.Торгівля, г/х
- 18.Інші види діяльності

В таблицях С2 наводяться результати поваріантних розрахунків по даній оптимізаційній моделі. В таблиці С3 реалізовано їх порівняння з реальною структурою експорту та імпорту в цей період. Завдяки цьому здійснено змістовний аналіз впливу нестабільних параметрів моделі на отримані з її допомогою рекомендації.

Додаток С1

Матриця прямих затрат (матриця В)

1,212	0,1	0,262	0,219	0,249	0,282	0,192	0,156	0,111	0,142	0,095	0,08	0,203	0,086	0,083	0,105	0,082	0,112
0,6	1,497	0,243	0,345	0,331	0,378	0,446	0,246	0,229	0,396	0,17	0,206	0,255	0,232	0,285	0,286	0,153	0,198
0,629	0,067	1,775	0,157	0,416	0,257	0,118	0,137	0,076	0,115	0,065	0,064	0,126	0,083	0,06	0,078	0,064	0,077
0,0002	0	0,0002	1,011	0	0	0	0	0,0003	0	0,0003	0	0	0	0,0003	0	0	0,001
0,091	0,038	0,141	0,078	1,595	0,119	0,059	0,25	0,049	0,134	0,034	0,041	0,054	0,144	0,039	0,051	0,036	0,056
0,043	0,009	0,021	0,017	0,031	1,382	0,018	0,076	0,009	0,015	0,009	0,012	0,098	0,017	0,012	0,012	0,007	0,015
0,161	0,066	0,101	0,06	0,103	0,116	1,306	0,099	0,132	0,094	0,082	0,056	0,097	0,084	0,085	0,045	0,033	0,068
0,114	0,058	0,157	0,138	0,143	0,097	0,075	1,251	0,072	0,087	0,051	0,062	0,079	0,073	0,095	0,091	0,007	0,093
0,023	0,009	0,045	0,018	0,025	0,019	0,02	0,022	1,273	0,036	0,012	0,021	0,051	0,042	0,016	0,013	0,033	0,129
0,026	0,015	0,031	0,022	0,036	0,035	0,021	0,028	0,019	1,137	0,015	0,02	0,019	0,191	0,023	0,021	0,047	0,023
0,013	0,008	0,017	0,013	0,014	0,013	0,025	0,017	0,038	0,017	1,327	0,011	0,018	0,012	0,008	0,01	0,012	0,035
0,019	0,025	0,018	0,028	0,016	0,019	0,028	0,023	0,023	0,02	0,044	1,198	0,041	0,013	0,047	0,022	0,014	0,024
0,014	0,009	0,019	0,014	0,015	0,01	0,011	0,013	0,014	0,017	0,014	0,02	1,025	0,019	0,034	0,013	0,012	0,043
0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	1,003	0,004	0,002	0,088	0,002
0,02	0,024	0,021	0,028	0,017	0,018	0,027	0,023	0,05	0,022	0,12	0,432	0,231	0,018	1,351	0,016	0,012	0,031
0,268	0,465	0,237	0,34	0,25	0,3	0,289	0,222	0,253	0,373	0,171	0,142	0,176	0,174	0,147	1,126	0,003	0,162
0,121	0,198	0,105	0,229	0,088	0,101	0,197	0,14	0,165	0,124	0,439	0,285	0,13	0,062	0,12	0,057	0,087	0,134
0,078	0,066	0,072	0,091	0,025	0,086	0,072	0,108	0,062	0,066	0,093	0,077	0,083	0,062	0,065	0,078	0,125	1,33

Продовження додатку С1

Індивідуальне
споживання(вектор α)

50516
57835
13282
346
108
0
74290
177373
56188
43125
269149
844084
15753
0
667317
113553
69268
46740

Державне споживання
(вектор d)

0
616
0
0
0
0
0
610
0
0
0
0
4603
0
35168
45849
335
087181

Інвестиційне
споживання

0
0
0
0
0
0
0
432952
15332
0
0
0
0
0
787605
16734
0
0
15640

експорт
(вектор $e^{(k)}$)

37060
49307
11357
0
798606
95853
262248
436640
19939
43120
65855
284974
16693
19711
47185
342789
260
14660

Додаток С2

Результати поваріантних розрахунків показників експорту та імпорту по оптимізаційній моделі

Варіант 1

x	$e^{(k)}$	$i^{(m)}$
645195	39761	0
114548	0	948296
315697	14766	219329
711	0	0
1322437	103818	495790
145572	2082	0
709530	199643	0
1586057	427392	18502
243530	25920	0
219817	0	72264
229471	0	144632
1537957	370466	0
136818	21700	0
829001	25624	0
1647116	61340	0
1166353	445625	0
614508	0	120068
440634	19058	0
F=672687 s=1		

Варіант 2

x	$e^{(k)}$	$i^{(m)}$
0	0	550289
114548	0	732363
315697	14766	19632
634	0	0
1322437	691128	139700
145572	15659	0
550876	120272	0
1583813	427392	0
240605	25920	0
219817	0	66989
229471	0	141892
1535934	370466	0
134252	21700	0
827629	25624	0
1645196	61340	0
1147874	445625	0
614508	338	104549
423691	19058	0
F=-762317 s=1		

Варіант 3

x	$e^{(k)}$	$i^{(m)}$
641163	48178	0
114548	0	934963
315697	14766	217469
714	0	0
1322437	568377	0
145572	10899	0
709530	208081	0
1366812	227052	0
241204	25920	0
219817	0	69659
229471	0	143177
1536528	370466	0
135543	21700	0
828708	25624	0
1645827	61340	0
1149556	445625	0
614508	338	105398
427044	19058	0
F=576761.35 s=1		

Варіант 4

x	$e^{(k)}$	$i^{(m)}$
0	0	551750
114548	0	722150
315697	0	3445
634	0	0
1322437	1038187	475425
145572	15767	0
709530	340922	86260
1578865	427392	0
236576	25920	0
0	0	263244
229471	0	142053
1535787	370466	0
132603	21700	0
827481	25624	0
1644509	61340	0
1120438	445625	0
614508	338	109365
420695	19058	0
F=-314336 s=1		

Додаток С3

Порівняння розрахункової (по варіантах) та фактичної (за 1996 р.) структури зовнішньоторгового обороту

Галузь	По результатах моделювання						Факт. 1995 р.
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3		Варіант 4.		
			Стабільні ціни	Існуючі ціни	Стабільні ціни	Існуючі ціни	
1	2	3	4	5	6	7	8
Електроенергетика	1,84	2,4	- 30,79	- 16,32	- 34,38	- 17,13	0,34
Нафтогазова	- 63,44	-64,2	-40,3	- 68,36	- 45,76	- 72,97	-78,63
Вугільна промисловість	- 13,68	-13,9	-19,2	-10,1	-0,3	-0,15	-2,27
Інша паливна промисловість,	0	0	0	0	0	0	0
Чорна металургія	25,08	28,0	25,23	42,22	26,45	36,02	59,05

Кольорова металургія	0,09	0,5	0,7	0,51	0,75	0,64	-0,85
Хімічна промисловість	9,23	10,2	11,42	14,12	5,77	9,33	3,17
Машинобудування	18,91	11,2	19,16	13,94	20,50	17,45	-6,85
Лісова та деревообробна промисловість	1,2	1,3	1,46	0,85	1,24	1,06	-2,84
Промисловість будівельних матеріалів	-5,17	-4,8	- 14,69	-7,79	-4,19	2,09	3,19
Легка промисловість	-9,67	-9,8	-7,93	-4,20	-8,86	-4,41	-6,14
Харчова промисловість	17,13	18,23	16,61	9,67	17,77	12,10	13,88
Інші галузі промисловості	1,0	1,07	0,97	0,7	1,04	0,89	-0,55
Будівництво	1,18	1,3	1,15	0,84	1,23	1,05	1,14

Сільське господарство	2,84	3,0	2,75	2,0	2,94	2,5	-1,38
Транспорт, зв'язок	20,6	21,9	19,98	14,53	21,38	18,19	19,21
Торгівля	-8,03	-7,2	-6,09	-3,23	-6,51	-3,24	0,03
Інші галузі	0,88	0,9	0,85	0,62	0,91	0,77	-0,04

