

Вінницький національний технічний університет

---

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

---

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем управління

---

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка комплексу програм оптимального управління проектами розвитку для малих і середніх бізнесів. Частина 2 Проект оптимального розвитку підприємства з урахуванням кредитів.»

Виконав: студент 4 курсу, групи КІВ-166  
Спеціальність 151 «Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Демчуков О.І.

---

(прізвище та ініціали)

Керівник Боровська Т.М.

---

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ - 2020 року

Вінницький національний технічний університет

( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра комп'ютерних систем управління

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології

Освітня програма «Системна інженерія»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

В.М. Дубовой

“ 15 ” травня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Студенту Демчукову Олександрю Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи** Розробка комплексу програм оптимального управління проектами розвитку для малих і середніх бізнесів. Частина 2. Проект оптимального розвитку підприємства з урахуванням кредитів.

Керівник роботи Боровська Таїса Миколаївна, д.т.н., професор кафедри КСУ ,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від “ 09 ” березня 2020 року № 75

**2. Строк подання студентом роботи** 8 червня 2020 р.

**3. Вихідні дані до роботи** клас виробництв: регулярне споживання; кількість виробників на ринку – від 2 до 15; підтримка ОС – Windows 7/8/10 , Mathcad 15.0 ; об'єкт – процес функціонування і розвитку виробничої системи; тестові параметри: одини для всіх 4-ох частин комплексного проекту.

**4. Форма роботи** – проект/робота (підкреслити).

**5.Зміст роботи** аналіз аналогів і прототипів; огляд математичних моделей функціонування і розвитку виробничих систем, - аналіз задач оптимального розвитку з урахуванням кредитів; аналіз і класифікація кредитних стратегій: оптимальні і повернення кредитів; розробка і тестування модуля для аналізу впливу ставки кредитів; розробка модуля для аналізу розподілів ресурсів і навантажень в процесі розвитку; тестування програм, отримання прикладів.

## 6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Схема оптимального процесу функціонування і розвитку виробництва; – математична модель рішення варіаційної задачі розвитку з урахуванням кредитів; - аналіз альтернатив стратегій кредитування і повернення кредитів; -альтернативні версії програмних модулів і приклади моделювання процесів функціонування. - Схеми програмних модулів.

## 7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Боровська Т.М., проф. каф. КСУ		
2	Боровська Т.М., проф. каф. КСУ		
3	Боровська Т.М., проф. каф. КСУ		

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 15 травня 2020р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз моделей і методів рішення варіаційних задач розвитку виробництва з урахуванням кредитів	08.05.2020 р.	
2	Аналіз альтернативних стратегій кредитування і повернення кредитів	14. 05.2020 р.	
3	Розробка системи моделей оптимального управління виробництвом з урахуванням кредитів	20. 05.2020 р.	
4	Рішення задачі оптимізації кредитування на базі оптимального агрегування «виробництво, розвиток»	22. 05.2020 р.	
5	Тестування і дослідження програм оптимального розвитку з різними кредитними стратегіями	28.05.2020 р.	
6	Розробка і тестування модуля для аналізу впливу ставки кредитів .	28.05.2020 р.	
7	Тестування програмного забезпечення.	01.06.2020 р.	
8	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	03.06.2020 р.	
9	Попередній захист	05.06.2020 р.	
10	Остаточний захист	10.06.2020 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Демчук О.І.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Боровська Т.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Розробка присвячена важкій проблемі малих і великих проектів – розробці оптимального управління з використанням кредитів. Подана розширена постановка задачі обчислення оптимальної кредитної стратегії процесу виконання проекту розвитку багатопродуктового виробництва. Задача розділена на задачу оптимізації кредитів для проекту в цілому, поданому оптимальною еквівалентною функцією виробництва, і задачею оптимального розподілу кредитного ресурсу між підсистемами. Модифікована задача оптимального розподілу ресурсів між підсистемами проекту: в сумарні поточні ресурси проекту включаються зовнішні кредити, а підсистеми подаються не функціями виробництва, а оптимально агрегованими функціями класу "виробництво, розвиток". При оптимальному агрегуванні таких функцій в критерії оптимізації кредитів враховується не тільки поточна ефективність виробництва в даній підсистемі, а також ефективність інвестування в розвиток даної підсистеми. Виконано моделювання процесів розвитку і аналіз результатів моделювання.

## ABSTRACT

The development is devoted to the difficult problem of small and large projects - the development of optimal management using loans. An extended formulation of the problem of calculating the optimal credit strategy of the multi-product development project implementation process is presented. The problem is divided into the problem of credit optimization for the project as a whole, given by the optimal equivalent production function, and the problem of optimal distribution of credit resources between subsystems. Modified problem of optimal distribution of resources between project subsystems: total current project resources include external loans, and subsystems are provided not by production functions, but by optimally aggregated functions of the "production, development" class. With the optimal aggregation of such functions in the criterion of credit optimization takes into account not only the current efficiency of production in this subsystem, as well as the efficiency of investment in the development of this subsystem. Modeling of development processes and analysis of modeling results are performed.

## ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ ЗАДАЧ І МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ З УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ .....	8
1.1 Структура і функції управління підприємством з урахуванням кредитів, методи аналізу і синтезу управління сучасними виробничими системами .....	9
1.2 Аналіз структур і функцій моделей управління виробничими системами .....	10
1.3 Структура типового процесу оптимального розвитку і класифікація кредитних стратегій. ....	13
1.4 Аналіз альтернативних стратегій кредитування і повернення кредитів .....	17
1.5 Висновки до розділу 1. Постановка задачі розробки і дослідження .....	18
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ З УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ .....	20
2.1 Альтернативні структури систем управління виробництвом.....	20
2.2 Схема з дворівневим оптимальним управлінням кредитами .....	23
2.3 Приклад рішення задачі багаторівневого оптимального однокрокового агрегування структур класу «виробництво, розвиток».....	26
2.4 Аналіз функцій Гамільтона для об'єктів з урахуванням кредитів.....	31
2.5 Висновки до розділу 2.....	34
3 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ І ТЕСТУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧОЮ СИСТЕМОЮ З УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ .....	36
3.1 Тестування і дослідження програм оптимального розвитку з різними кредитними стратегіями .....	36
3.2 Отримання і аналіз функцій чутливості параметрів на процеси оптимального розвитку.....	41
3.3 Отримання і аналіз функцій чутливості ставки кредитів на процеси оптимального розвитку.....	44
3.4 Нова задача кредитних відносин банку і підприємства .....	46
3.5 Висновки до розділу 3.....	50
ВИСНОВКИ.....	51
Перелік посилань.....	53

Додатки.....	58
Додаток А.....	59
Додаток Б.....	63
Додаток В.....	65

## ВСТУП

Актуальність. Розвиток нових технологій матеріального виробництва суттєво підвищив його ефективність, зросли середні потужності виробництв. Зросла динамічність виробництв. Сегменти виробництв зерна, свинини, тракторів, автомобілів, молока сьогодні – глобалізовані. Помилково вважати, що автоматизація і комп'ютеризація ефективно і остаточно вирішить проблеми управління виробництвом, тому що глобальне конкурентне оточення робить задачу управління вкрай складною і динамічною. Сучасні фірмові АСУП такі динамічні режими не можуть реалізувати, також не можуть прогнозувати і обчислювати стратегії оптимального управління розвитку задачі. В таких обставинах раціональне рішення – дати аналітику підприємства ефективну імітаційну модель підприємства в активному оточенні конкурентів і користувачів. Це буде «гібридна без пошукова інтелектуальна система управління виробництвом». Один з елементів інтелектуальності – зняття проблеми масштабування, коли елементарно вирішити певну задачу для системи першого порядку, неважко – для другого порядку та для окремих випадків третього порядку. В методах оптимального агрегування розмірність об'єкта не має значення: змінюються тільки індекси векторів і матриць, а обсяг обчислень зростає лінійно.

Тема комплексної роботи «розробка комплексу програм оптимального управління проектами розвитку для малих і середніх бізнесів». Розробки на базі оптимального агрегування дозволяють водночас вести розробку на моделях малих систем з наступним переходом до розробки моделей функціонування і розвитку регіональних систем.

В даній роботі виконується друга частина комплексного проекту: «розробка програм і дослідження процесів оптимального розвитку підприємства з урахуванням кредитів. Це традиційна тематика для економістів, але в даній роботі вона вирішується по новому, на базі оптимального агрегування: банківські (зовнішні) кредити бере виробнича система, і оптимально розподіляє між підсистемами, підсистеми складають

кредитні і власні ресурси і оптимально розподіляють їх між елементами. Ця схема на початковому етапі досліджень. Складові «підвищення» ефективності: оперативність (гроші з банків довго йдуть), керівник підприємства оперативно вирішує (на базі СПР) задачу оптимального розподілу.

Крім ефекту від матеріального виробництва, отримується інформаційний ефект: швидке, оптимальне рішення задачі управління. В рамках великих систем підвищення ефективності в певній підсистемі викликає підвищення в інших підсистемах. Така можливість вбудована в алгебру оптимального агрегування.

Функції розробки. Програмні модулі повинні працювати на базі доступної інформації про потреби ринку – попиту і цін на продукти, обчислювати - управління розподілу обмеженого ресурсу або управління розподілу випусків продукції при обмежених попитах на продукти виробничої системи.

База розробки: моделі і методи, напрацьовані науковим керівником, її колегами і попередніми дипломантами. Неповнота цих напрацювань в тому, що вони виконані для одного підприємства без обґрунтованого урахування впливу активного оточення на параметри законів управління виробництвом.

Мета роботи: отримання імітаційної моделі з новим модулем оптимізації розподілу кредитів.

Задачі дослідження:

- розробка узагальненої робочої моделі динаміки багатопродуктової системи з урахуванням кредитів;
- розробка модулів вводу параметрів задачі і виводу результатів моделювання, результатів оптимального агрегування;
- розробка модуля введення параметрів математичних моделей функціонування окремих виробників і параметрів функцій попиту по альтернативних кредитних стратегіях.



Об'єктом дослідження є процеси функціонування і розвитку багато продуктової виробничої системи.

Предметом дослідження є методи оптимального управління функціонуванням і розвитком системи.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретичні дослідження програмно реалізовані, а програмні модулі можуть переноситись в типові стандартні програмні платформи.

За результатами роботи опубліковано тези на XLIX Науково-технічну конференцію факультету комп'ютерних систем і автоматики (2020) [1].

## 1 АНАЛІЗ ЗАДАЧ І МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ З УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ

Дана робота – частина комплексної теми «Розробка комплексу програм оптимального управління проектами розвитку для малих і середніх бізнесів». Розробка присвячена актуальній темі – підвищенню ефективності управління проектами розвитку малими і середніми бізнесами, побудованими на базі методології оптимального агрегування, що є не тимчасовим компонентом великих і мегавеликих виробництв, матеріальної та інформаційної продукції. Комплексна робота складається з чотирьох частин. Розробка розрахована на використання в режимі СПР користувача, вона дає не тільки рішення актуальних задач управління розвитком, але і задоволення від кращого розуміння і отримання практичного досвіду на віртуальній реальності стосовно логіки функціонування свого підприємства. Основа розробки – рішення задач оптимального функціонування і розвитку на базі методології оптимального агрегування, що апробоване в дисертаціях і публікаціях різних рівнів. Комплексна робота складається з програмних модулів для постановки, рішення і дослідження таких актуальних задач:

1. Розробка програм і дослідження процесів оптимального розвитку підприємства з урахуванням моментів (послідовності) запуску окремих виробництв;
2. розробка програм і дослідження процесів оптимального розвитку підприємства з урахуванням кредитів – моя частина;
3. розробка програм і дослідження процесів оптимального розвитку підприємства з урахуванням обмежень попиту на продукти виробництва;
4. розробка програм і дослідження процесів оптимального розвитку підприємства з урахуванням обмежень виробничих потужностей на продуктах виробництва.

По кожній частині комплексної роботи виконуються базові математичні моделі і програми управління, а також інтерфейси «введення і аналіз даних» і «аналіз

результатів моделювання». Отримані нові результати в напрямку оптимального управління виробництвом і розвитком виробництва.

1.1 Структура і функції управління підприємством з урахуванням кредитів, методи аналізу і синтезу управління сучасними виробничими системами

Мета кредитування у виробничих системах – виграш часу і ресурсів. Таке коротке визначення потребує великого обсягу дефініцій і досліджень. Типова форма кредитів – фінансова, однак проблеми управління кредитів стосуються всіх спеціалістів виробничої системи: власне економістів і фінансистів, конструкторів, технологів, розробників програмного забезпечення [2]. На рисунку 1.1 подано теми частин комплексної роботи та відповідні задачі дослідження і розробки.

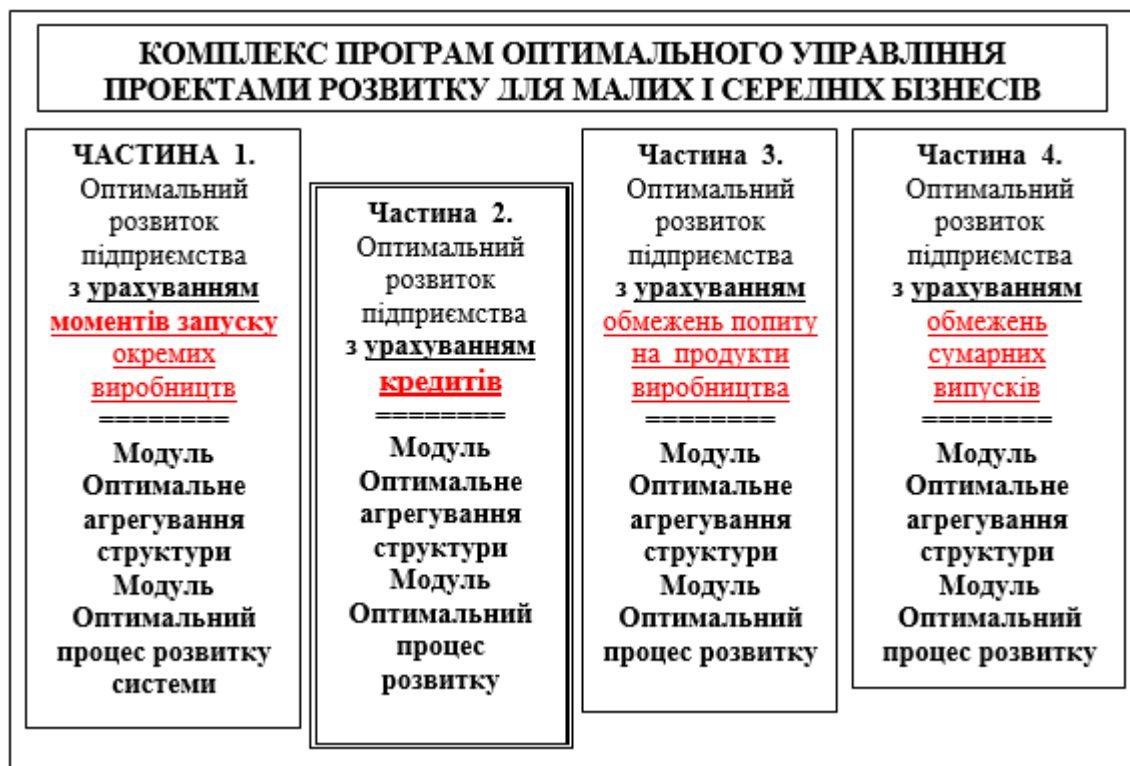


Рисунок 1.1 – Розподіл розділів і програмних модулів комплексної роботи

Для аналізу аналогів і прототипів конкретизуємо ресурсну та інформаційну структуру об'єкта досліджень і розробки – сучасну виробничу систему розглядають в

частині 2 – даній роботі. В інших частинах теж виникають кредитні проблеми: частина 1: – управління моментами запуску окремих виробництв (умови кредитування), частина 3: – розстрочка оплати для покупців, частина 4: – обмеження випуску продукції, тобто виникнення дефіциту продукту [2]. В сучасній економіці виробник бере кредити на розширення виробництва і закупівлю додаткових ресурсів. Сучасні високотехнологічні виробництва складаються з інтегрованих підсистем «виробництво, розвиток» – це відображено на схемі. На рисунку 1.2 – визначення задач які треба вирішити. Першоджерела конкретних моделей і рішень для кредитних і фінансових проблем і рішень сучасних задач оптимального управління знайдені у роботах нобелівських лауреатів: «задача Беллмана – Марковіца», з якої почались розробки (монографії, дисертації, статті з варіаційних задач оптимального розвитку, кредитних і цінових стратегій).

Цікавим фактом з історії наукових досліджень є те, що певні інноваційні моделі і методи виникали у науковців, що в певні періоди працювали в одній організації – RAND Corp. Це були Р. Беллман, Г. Марковіц, Дж. Неш. Організація RAND Corp. брала до себе унікальних математиків для рішення нестандартних проблем в умовах спілкування. Вважається, що не всі дослідження публікувалися. Р. Беллман поставив і вирішив задачу Марковиця [3], але без урахування кредитів, він займався і фінансами. Беллман поставив [4] за мету своїх досліджень розробку методів оптимізації, які б замінювали задачу вибору точки у багатовимірному фазовому просторі еквівалентною системою одновимірних задач вибору. Відомий крок Беллмана у цьому напрямі – метод динамічного програмування. Невідомо, чи були продовження досліджень в цьому напрямі. Дослідження даної роботи базуються на рішенні задач оптимального розвитку на базі методів оптимального агрегування. [6]

## 1.2 Аналіз структур і функцій моделей управління виробничими системами

Методологія оптимального агрегування не тільки дозволяє отримувати рішення відомих оптимізаційних задач, але і розширювати класи моделей, ставити нові задачі.

Спільна особливість таких нових задач – безпошукові методи оптимізації. Розробки з теорії моделей і моделювання, оптимального агрегування і методів оптимізації принципово відрізняються від класичних використанням властивостей алгебри оптимального агрегування, зокрема – наявністю пам'яті попередніх оптимальних агрегувань у певному операнді [7]. Нові розробки – це «безпошукові інтелектуальні системи управління». Основа методології оптимального агрегування – зведення багатовимірних задач оптимізації до систем одновимірних, що вирішуються на базі векторизації, однак використання методів оптимального агрегування неможливе без фундаментального освоєння [8]. На рисунку 1.2 подано типову схему сучасної виробничої системи. Ця схема – перший крок в розробці. Модель такої системи повинна включати разом інформаційні, технологічні і ресурсні зв'язки.

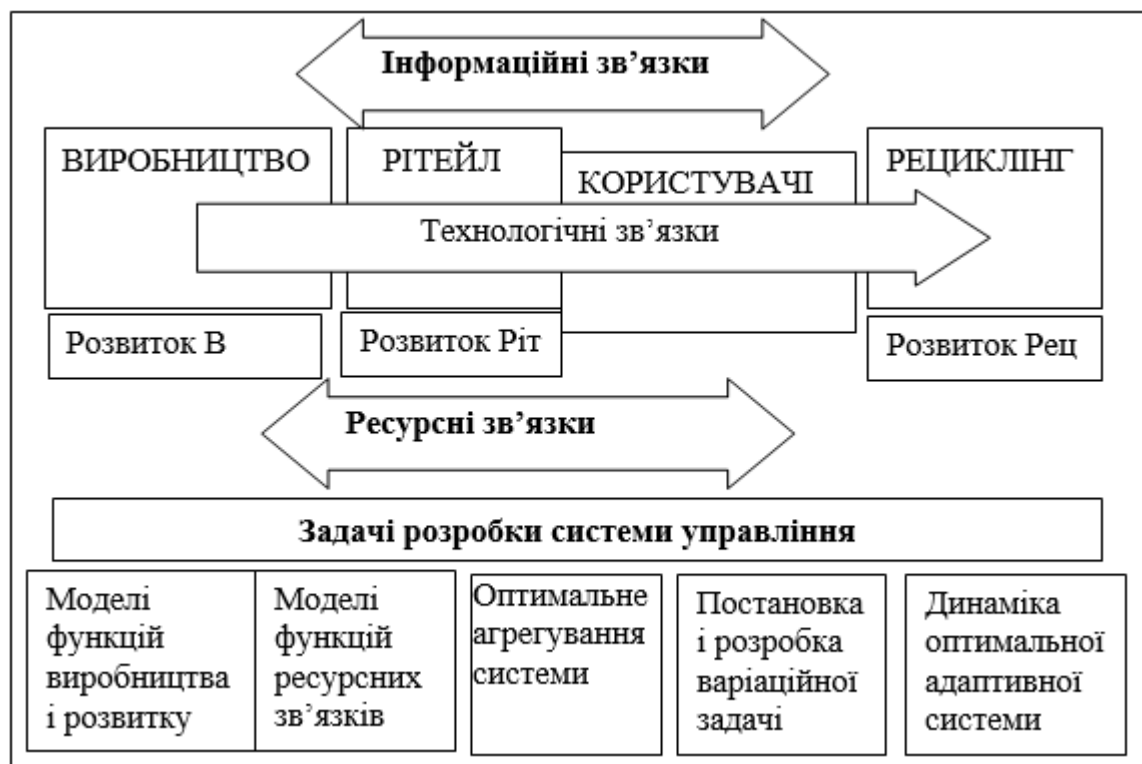


Рисунок 1.2 – Типова схема сучасної виробничої системи

Сучасні математичні моделі сучасних соціо–техніко–екологічних систем (СТЕС) стають все більше вагомими в складі об'єкту – виробничої системи. Те, що було тільки

в наукових лабораторіях, стає частиною «автопілоту» виробничої системи, «цифровою копією» об'єкту, підсистеми, агрегату. На рисунку 1.3 подано класифікацію сучасних моделей за функціями, які вони виконують в складі системи управління виробничої системи. На цій схемі модель «один на фоні всіх» – імітаційне моделювання виробників певного сегменту виробництва. Усі виробники застосовують певну типову стратегію на ринку, в тому числі і кредитну, а «один» – може вибирати певні нові стратегії: ризикову, оптимальне агрегування, кредитні стратегії [2–4]. На цій моделі були проведені дослідження з стратегіями «пропорційний розподіл» і «ризикова».



Рисунок 1.3 – Класифікація математичних моделей за призначенням і функціями

Подана на рисунку 1.3 класифікація є не тільки фіксацією стану науки в моделюванні. В наступних розділах буде показано, що базова модель оптимального розвитку і нова модель можуть бути модифіковані для виконання поданих вище функцій управління виробництвом.

1.3 Структура типового процесу оптимального розвитку і класифікація кредитних стратегій.

Проаналізуємо логіку розвитку напрямів «управління кредитами» та «рішення варіаційних задач оптимального розвитку» [3–4]. У Беллмана, Марковіца це окремі задачі. Марковіц займався фінансовими задачами оптимізацією портфелів. У Беллмана є аналітичне рішення фундаментальної варіаційної «задачі розподілу» ресурсу між виробництвом і розвитком виробництва [4].

Беллман вирішував абстрактну математичну задачу без спрощень. Розглянемо альтернативне рішення задачі оптимального розвитку з урахуванням кредитив як низку моделей – від суттєво спрощених до більш складних [3].

Ми отримали "точне" розв'язання задачі згідно канонічній процедурі методу принципу максимуму. Спробуємо знайти задовільне наближене розв'язання виходячи тільки з логічних міркувань. Далі будемо розглядати однопродуктову виробничу систему при довільних стаціонарних функціях віддачі інвестицій.

Виправданням для цього є використання методу оптимального агрегування [6]. Згідно з цим методом система паралельно працюючих виробничих елементів замінюється одним еквівалентним виробничим елементом. Таким чином задачу розподілу ресурсів в часі (по кроках процесу розвитку) і просторі – між елементами виробничої системи можна розбити в послідовність двох задач:

- однокрокового оптимального розподілу обмеженого ресурсу (отримання "еквівалентного оптимального елемента");
- багатокрокового оптимального розподілу ресурсу між розвитком і накопиченням в одновимірній еквівалентній оптимальній виробничій системі [8].

Завершальний етап при такій декомпозиції задачі є нескладним – це "деагрегування" – розподіл ресурсу на розвиток між елементами (пропорції) оптимального розподілу "запаковані" в оптимальній виробничій функції системи, отриманій методом оптимального агрегування [11]. Подамо це порівняльною таблицею

(рисунок 1.4). Як базова альтернатива вибрано рішення варіаційної задачі розвитку методом принципу максимуму (Альтернатива 1 на рисунку 1.4). Застосовуємо таке рішення для оптимально агрегованої ресурсної структури виробництва. Результат оптимального агрегування – оптимальна еквівалентна функція виробництва (ОЕФВ)[11]. Це залежність сумарного виходу (критерію оптимальності) від сумарних витрат ресурсу.

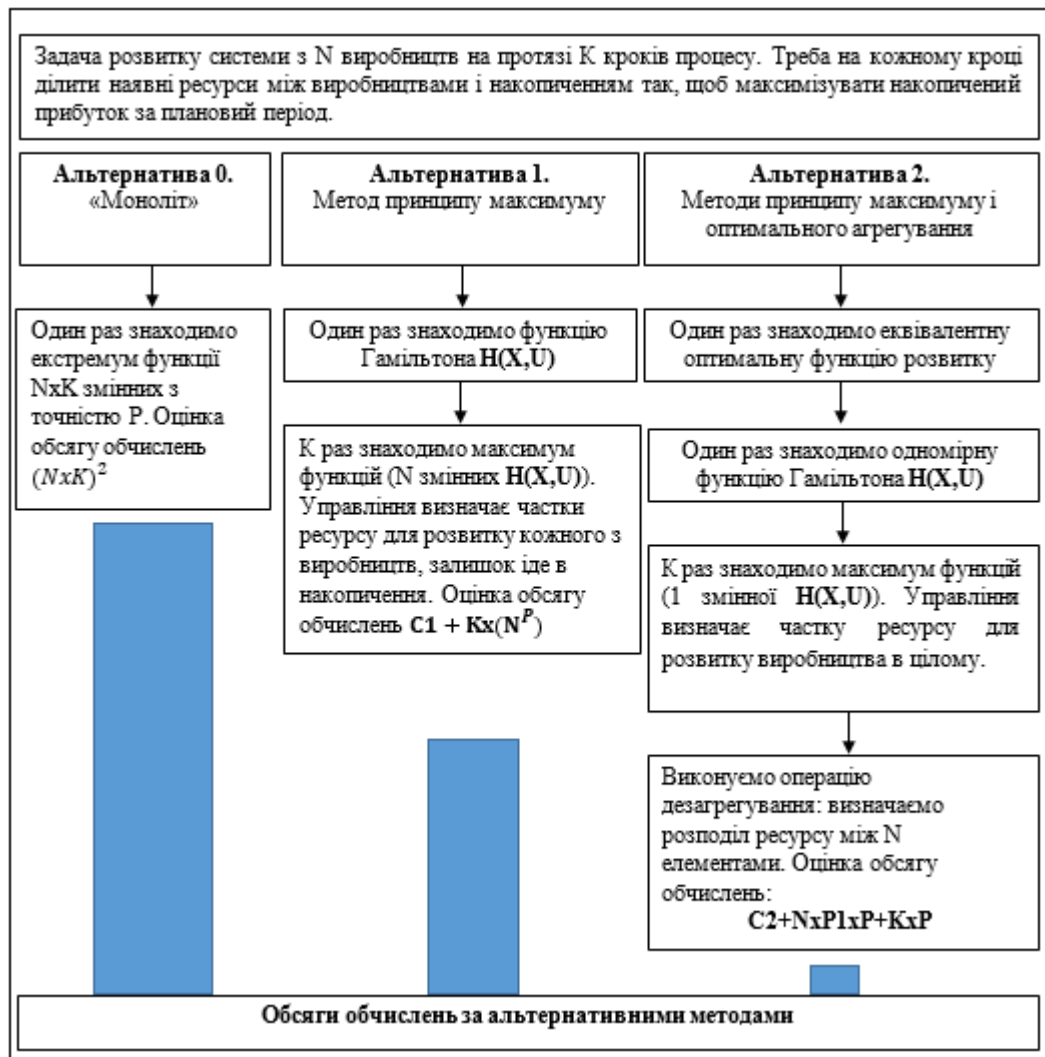


Рисунок 1.4 – Послідовність наближень рішення задач оптимального розвитку виробництва



Обчислювальні витрати (див. рисунок 1.4) зменшуються на порядки. Природні наступні кроки : спрощення обчислень функції Гамільтона та урахування кредитів в цій схемі спрощення.

В рамках даної статті розглянемо тільки аналоги з оптимального агрегування, де подано рішення з оптимального управління виробництвом і розвитком з метою отримати рішення з урахуванням зовнішніх ресурсів – кредитів. Рішення отримуємо на «твердій» математичній базі – алгебрі оптимального агрегування і отриманих рішеннях оптимального оперативного і стратегічного управління [19]. Рішення-аналоги отримані для випадків розподілу витрат тільки на розвиток виробництва, в даній роботі подано розробку з розширеним розподілом ресурсів: на виробництво і на його розвиток.

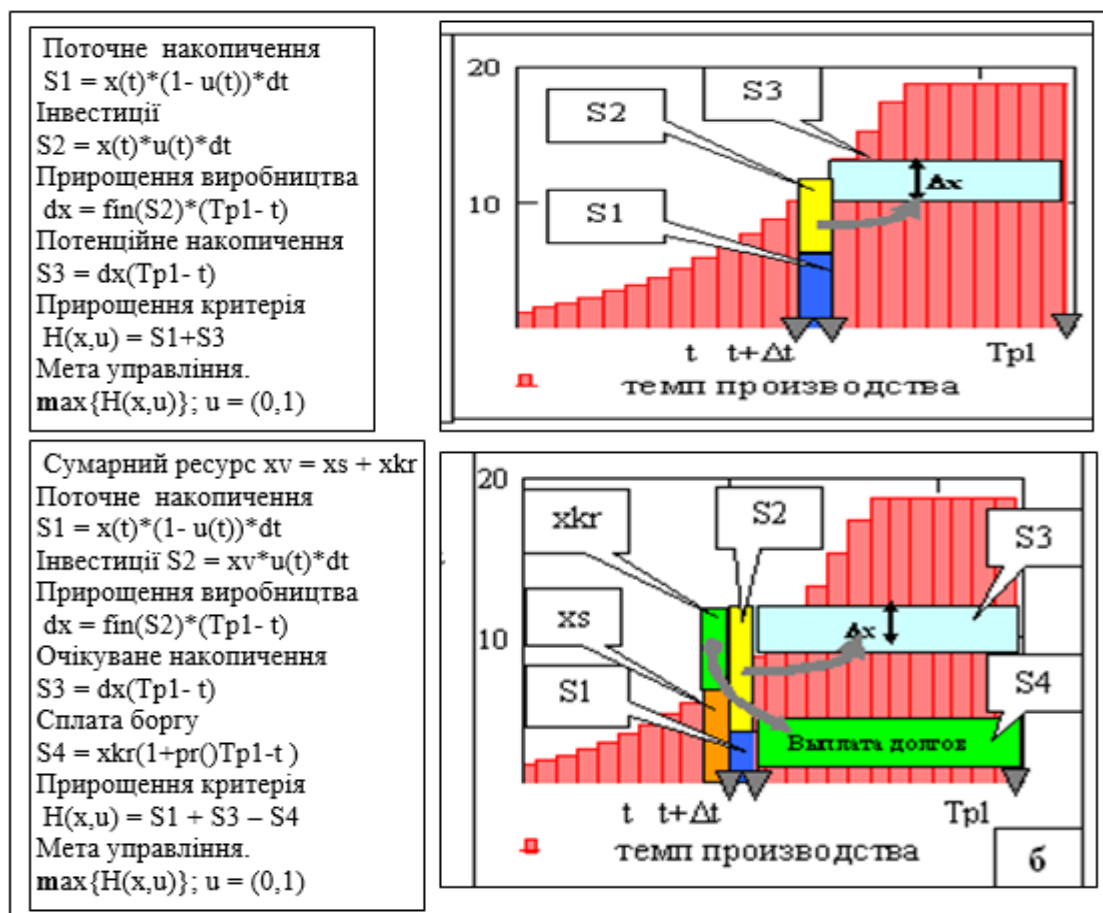


Рисунок 1.5 – Урахування кредитів в моделі оптимального розвитку

Змістовно, розвиток виробництва – підвищення виробничих потужностей і ефективності, що досягається введенням нових технологій, обладнання і моделей продуктів виробництва.

На першій схемі  $S1 = x(t) \cdot (1 - u(t))$  – це та частина доходу, що йде в накопичення,  $S2$  – те, що йде в інвестиції. Згідно з рівнянням динаміки виробничих потужностей частина  $S2 = x(t) \cdot u(t)$  створює прирощення  $\Delta x = fin(x(t) \cdot u(t))$  виробничих потужностей. За рахунок цього прирощення можна отримати до кінця процесу продукції  $S3 = \Delta x \cdot (T - t) = fin(x(t) \cdot u(t)) \cdot (T - t)$ , яку можна використати для накопичення чи інвестування. Виходячи з цих міркувань, будемо вибирати управління  $u(t)$  так, щоб отримати максимум функції  $H(x) = S1 + S3$ , яка характеризує приріст значення критерія, тобто:

$$H(x, u) = x(t) \cdot (1 - u(t)) + fin(x(t) \cdot u(t)) \cdot (T - t) \Rightarrow \max(H(x, u))_{u \in (0..1)} \quad (1.1)$$

Зауважимо, що нове рішення залежить тільки від поточного стану виробництва  $x(t)$  і не залежить від "передісторії" – способу, яким система прийшла в даний стан (не завжди так буває). Це і є відомий принцип оптимальності Р.Беллмана [4]. Ще раз зауважимо, що результат оптимального агрегування може містити в собі інформацію стосовно попередніх агрегувань.

На рисунку 1.6 подано два приклади моделювання оптимального процесу потужностей розвитку. Модель одновимірна, подано динаміку зростання виробничих потужностей. Приклади відрізняються стратегіями повернення кредитів.

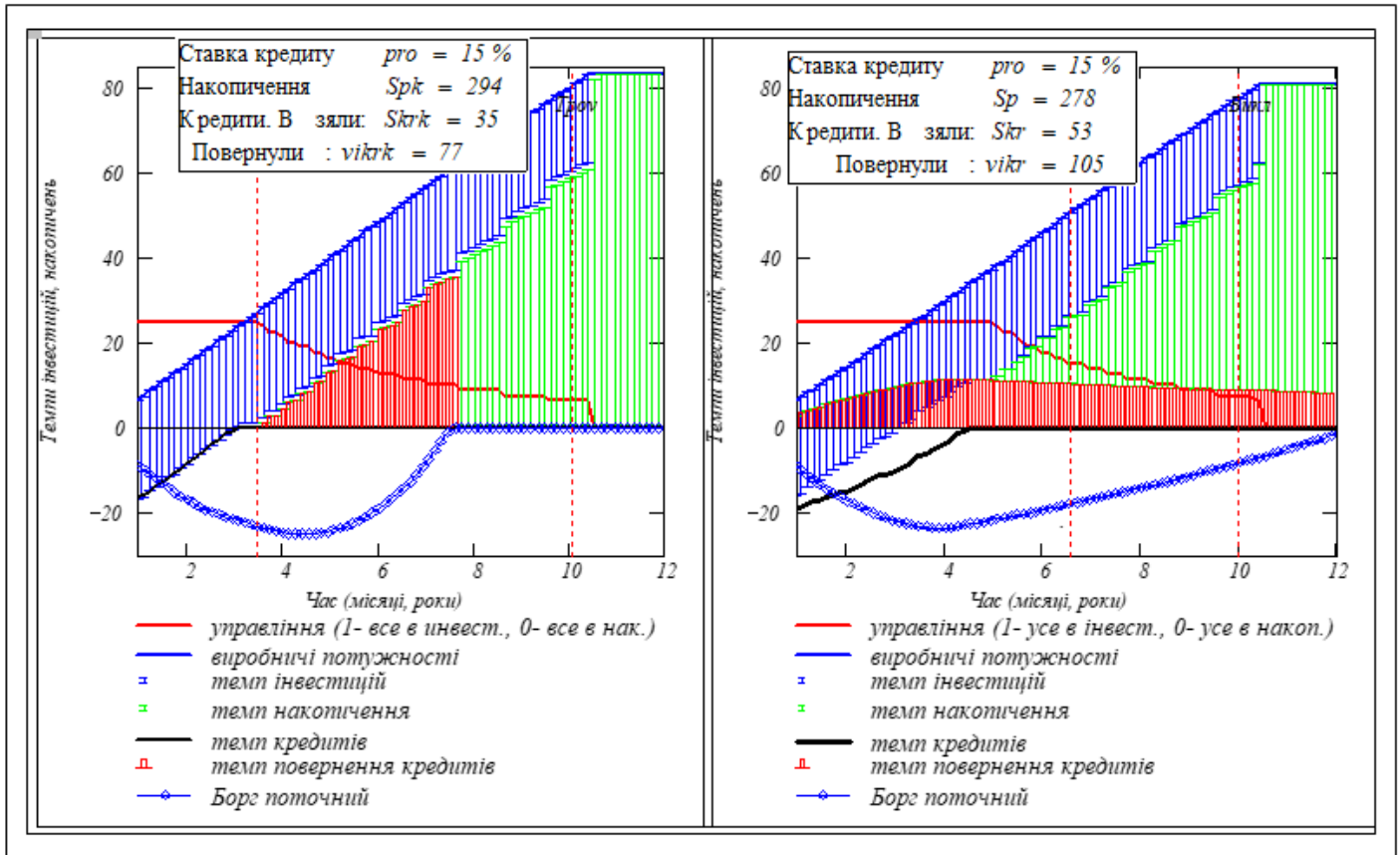


Рисунок 1.6 – Приклади моделювання оптимального процесу потужностей розвитку

#### 1.4 Аналіз альтернативних стратегій кредитування і повернення кредитів

Перший приклад: беремо кредити на розвиток – оптимально, повертаємо все, що залишається після витрат на розвиток і виробництво, після повернення боргу – все в накопичення і розвиток. Другий приклад – борг по кредиту починаємо повертати з початку процесу. На графіках подано результати цих прикладів. Взято простішу одновимірну модель. В аналогах подано більше десяти версій програми оптимального розвитку [11]. Тобто вибрана нами модель оптимальних кредитних стратегій показує декілька версій розроблених для конкретних задач реального виробництва. Важлива особливість моделі – відкритість для модифікацій. В розділах 2 і 3 подано нову розробку узагальненої моделі оптимального розвитку з урахуванням кредитів. Узагальнення стосуються розмірності і ресурсної структури об'єкта – виробничої

системи, використання оптимального агрегування, розробки версії з вирішенням варіаційної задачі оптимального розвитку для багатовимірного оптимально агрегованого об'єкту з параметричним зв'язком «виробництво, розвиток».

### 1.5 Висновки до розділу 1. Постановка задачі розробки і дослідження

Аналіз публікацій стосовно сучасного стану теорії і практики управління сучасними підприємствами підтвердив актуальність задачі роботи. В наукових публікаціях підтверджена велика складність і динамічність сучасних виробничих систем. Значна частина технічних, екологічних публікацій присвячена проблемам ринків в аспектах користувачів, конкурентів і ефективності розвитку виробництв.

В таких обставинах зростає роль кредитів і оптимального кредитування, урахуванням збурень фінансових ринків, трансграничних бар'єрів, що існують незалежно від задекларованих зон вільної торгівлі. Задача даної роботи суттєво пов'язана з іншими аспектами виробництва, такими, як задоволення потреб індивіда і суспільства, екологізація повного циклу «виробництво, постачання, ритейл, рециклінг». За основу даної комплексної роботи вибрано методологію оптимального агрегування для рішення однокрокових задач оптимізації, метод принципу максимуму для рішення багатокрокових задач і нові розробки в області систем проектів. Кредити – потужна гілка фінансової науки. В даному проекті розглядаються тільки технічні, технологічні, математичні та обчислювальні аспекти. Проаналізовані на комп'ютерних моделях такі напрямки теми:

- аналіз кредитних стратегій;
- кредитування, повернення кредитів, оптимального розподілу кредитів між підсистемами;
- аналіз розроблених програм оптимізації розвитку з кредитами , розробка і дослідження оптимальних управлінь термінами виконання проекту та його частин.

На базі аналізу публікацій вибрано нові задачі для виконання завдання роботи – оптимальне адаптивне управління без математичних обмежень (аналітичні адаптивні системи управління). Освоєна нова область для спеціаліста – ефективно оптимальне управління виробництвом на базі оптимального агрегування. Освоєні і модифікуються в заданому напрямку програмні модулі згідно завданню.

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ З УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ

Виконаний в розділі 1 аналіз дозволяє узагальнювати, конкретизувати і деталізувати мету: отримання імітаційної моделі з новим модулем оптимізації розподілу кредитів; і задачі дипломної роботи:

- розробку покращеного модуля бінарний оператор оптимального агрегування «виробництво, розвиток» з урахуванням кредитів;
- розробку модуля (інтерфейсу) введення даних задачі оптимального розвитку;
- розробку модуля оптимального розподілу ресурсу в процесі розвитку з урахуванням кредитів.

Аналіз виконаний в розділі 1 дозволив виділити нові напрямки побудови моделей і програмних модулів оптимального управління з використанням кредитів.

### 2.1 Альтернативні структури систем управління виробництвом

Сучасні комп'ютерно–інтегровані системи складаються з програмних і відповідних апаратних модулів. В науці математична модель визначається як відображення суттєвих для дослідника властивостей об'єкта.

Розвиток програмних і апаратних засобів створив зручне середовище для створення математичних моделей. Про це свідчить неформальні назви математичних моделей, реалізованих програмно–апаратними засобами: «віртуальна реальність», «цифрова копія» [27]. Використовуємо термін «робоча модель». Фактично сьогодні робочі моделі мають подвійне призначення:

- засіб для проектування і дослідження;
- компонент системи управління реального об'єкта.

В цьому розділі розробляємо і аналізуємо поставлені задачі в аспекті аналізу і розробки інформаційних ресурсів напрацьованих в області методології оптимального агрегування: для виділених і нових задач. Виконуємо вибір і розробку робочих

моделей потрібних для виконання проекту. На рисунку 2.1 подано одноелементну ресурсну структуру. Для розробки оптимальної системи управління одноелементним об'єктом необхідні моделі ресурсних зв'язків (модель статички), кредитів, динаміки [28].



Рисунок 2.1 – Одноелементна базова структура об'єкта



Рисунок 2.2 – Паралельна базова структура об'єкта динамічна система: виробництво розвивається – збільшується виробнича потужність і ефективність

На рисунку 2.2 подано моделі і задачі, потрібні для побудови системи управління паралельною структурою. В цій структурі вводиться модель оптимального агрегування не як статична модель, а як багатокрокова.

Термін «живучість» в даній роботі означає можливість на базі оптимально агрегованої структури формувати підсистему управління реконфігурацією при відмовах підсистем нестационарної динамічної системи [29]. На рисунку 2.3 подано моделі і задачі для довільних ресурсних структур, що задовольняють вимогам раціональності. Визначення раціональності: у виробничій системі відсутні підсистеми, що на прирощення ресурсу для них не покращують стан інших підсистем. Змістовний приклад: в сімдесятих роках великі проекти закінчувались з перевищенням витрат приблизно в сім разів відносно запланованих. Аналіз причин був поданий у відомих «Законах Паркінсона» [28]. Ми розглядаємо довільні, але раціональні структури виробничих систем.



Рисунок 2.3 – Довільна базова ресурсна структура об'єкта



В алгебрі оптимального агрегування доведено теорему про можливість ізоморфного відображення довільної раціональної структури в бінарне дерево оптимального агрегування [29]. Паралельна структура є найпростішою для виконання операції оптимального агрегування.

На рисунку 2.3 подано додаткову задачу – отримання бінарного дерева оптимального агрегування.

Дворівнева структура оптимального розподілу кредитів – головна мета даної частини комплексного проекту. Аналогів – математичних моделей такої задачі не знайдено, існують тільки описи конкретних емпіричних рішень. Ключовий елемент такої розробки бінарний оператор оптимального агрегування «виробництво, розвиток» не має аналогів і є невід’ємною частиною системи програм оптимального агрегування. Очікуваний ефект від даної розробки: за рахунок оперативного оптимального розподілу кредитів в підсистемі з швидким поверненням кредитів високою ефективністю продуктів і послуг [30]. Ці переваги можуть бути реалізовані на базі вибраних методів. Оператор «виробництво, розвиток» оперативно і оптимально ділить ресурси не тільки між виробництвами, а також між підрозділами «виробництво» і «розвиток виробництва».

## 2.2 Схема з дворівневим оптимальним управлінням кредитами

Визначимо термін «дворівневий кредит» [33]. Дана робота – частина комплексного проекту, який, в свою чергу, базується на досить масштабних дослідженнях з методології оптимального агрегування. Вона є певною гілкою досить масштабних досліджень і вона базується на тому, що вже напрацьовано. Зокрема в даному розділі використовується бінарний оператор «виробництво, розвиток» для побудови управлінь виробничою системою з урахуванням кредитів за умови використання оптимального агрегування ресурсної структури з параметричним зв’язком «виробництво, розвиток».

На рисунку 2.4 подано схему рішення задачі оптимального розвитку з

використанням кредитів. Ліворуч подані інформаційні блоки, праворуч – функціональні модулі, що обчислюють оптимальне управління розвитком. Новизна запропонованої схеми управління в тому, що спочатку оптимальне агрегування виконується з урахуванням кредиту для системи в цілому, поданою оптимальною еквівалентною функцією виробництва. Потім величина зовнішнього кредиту оптимально розподіляється між підсистемами методом оптимального агрегування. Така дворівнева схема має організаційно–фінансові переваги порівняно класичними централізованими структурами.



Рисунок 2.4 – Довільна базова структура з дворівневим розподілом кредитів

Математична модель задачі оптимального розвитку з використанням кредитів є складною за декількома ресурсними зв'язками. Це динамічність кредитів: кредити беруть на розвиток виробничих потужностей і ефективності тобто об'єкт при функціонуванні випускає продукцію і змінюється сам. Друга складність – рішення варіаційної задачі з отриманням і максимізацією функції Гамільтона. Для потенціально–ефективного виробництва суттєве значення має швидкість процесу

розвитку : від лабораторних експериментів до запуску масового виробництва. В сучасних організаціях паралельно виконуються десятки проектів для підсистем. Ці проекти можуть знаходитись на різних стадіях розвитку. В таких умовах проекти для підсистем можуть мати обмін «внутрішніми» кредитами. Такі процеси внутрішнього обміну ресурсами можуть бути корисними в умовах суворої та ефективної кредитної політики. Такі задачі ставляться і реалізуються в практиці передових фірм і корпорацій

В розділі 2 показано, що оптимальна кредитна стратегія складається з двох частин: стратегія кредитування і стратегія повернення кредитів. Специфіка кредитних стратегій в тому що вони регламентуються математичною логікою і фінансовою. Для даної розробки передбачено рішення задач оптимального розвитку з урахуванням фінансової регламентації, в першу чергу – ризиків.

Запишемо вираз функції Гамільтона для повернення кредитів з моменту отримання до кінця планового періоду рівними частками і з процентами.

$$Hki(x_s, x_{kr}, \alpha) = x_s \cdot (1 - \alpha) + fin(x_s \cdot \alpha) \cdot (T_p - t) - x_{kr} \cdot [1 + pr \cdot (T_p - t)] \quad (2.1)$$

Формально отримуємо задачу с двома змінними управління:  $\alpha$  та  $x_{kr}$ .

Змінюємо постановку задачі оптимального розвитку з урахуванням кредитів. Конкретизуємо змінну «накопичення». Включаємо «накопичення» поточного моменту у власні поточні ресурси системи. Змінна «накопичення»:

$$JN(t) = \int_0^t x_s(t) \cdot (1 - \alpha) dt \quad (2.2)$$

Введемо змінну «доступний ресурс с включенням «накопичення» » (2.2):

$$\alpha_{dop} = \frac{x(t) + JN(t)}{x(t)} \quad (2.3)$$

Якщо управління  $\alpha(t) > \alpha_{dop}$ , то береться кредит в розмірі:

$$zp(t) = (\alpha(t) - \alpha_{dop}) \cdot x(t) \cdot [(\alpha(t) - \alpha_{dop}) > 0] \quad (2.4)$$

Оцей множник в дужках – логічна умова поточної потреби в кредитах. Цей

кредит повертається з процентами до кінця планового періоду. Записуємо вираз для функції Гамільтона з урахуванням кредитів для одновимірної задачі:

$$Hka(x, \alpha) = xs \cdot (1 - \alpha) + fin(xs \cdot \alpha) \cdot (Tp - t) - zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)] \quad (2.5)$$

В підсумку отримуємо рішення розширеної задачі без збільшення розмірності управління [32]. Запишемо функцію Гамільтона для багатовимірної виробничої системи (для прикладу візьмемо паралельну структуру). Для числового рішення варіаційної задачі на кожному кроці потрібно знаходити максимум функції (2.6) від  $N$  змінних.

$$Hka(x, \alpha, u) = xs \cdot (1 - \alpha) + \left( \sum_{j=1}^N fin(xs \cdot \alpha \cdot u_j) \right) \cdot (Tp - t) + zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)] \quad (2.6)$$

В (2.6) сума в дужках – обчислення поточного сумарного прирощення темпу виробництва. Методами оптимального агрегування можна обчислити функції  $Fop(xs)$  – оптимальної еквівалентної функції виробництва і  $Dop(xs)$  – вектор-функцію оптимального розподілу ресурсів. Підставимо їх в (2.6) і запишемо три альтернативних форми параметризованої функції Гамільтона:

$$Hka(x, \alpha) = xs \cdot (1 - \alpha) + Fop(xs \cdot \alpha) \cdot (Tp - t) + zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)] \quad (2.7)$$

$$Hka(x, \alpha, zp) = xs \cdot (1 - \alpha) + Fop(xs \cdot \alpha) \cdot (Tp - t) + zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)]$$

$$Hka(x, \alpha, zp, pr) = xs \cdot (1 - \alpha) + Fop(xs \cdot \alpha) \cdot (Tp - t) + zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)]$$

В програмній платформі це буде визначення трьох функцій користувача з параметрами: «розподіл ресурсу», «обсяг та процент кредитів».

2.3 Приклад рішення задачі багаторівневого оптимального однокрокового агрегування структур класу «виробництво, розвиток»

Це тестування одного з модулів розробки в рівнях «синтаксис» – програма працює, «семантика» – видає коректні результати і «прагматика» – виконує бажані

функції. Формуємо тестовий об'єкт зручний для аналізу, але такий що, має 8 елементів. Розглядаємо виробничу систему з 8–ми елементів і двох підсистем (рисунок 2.5)

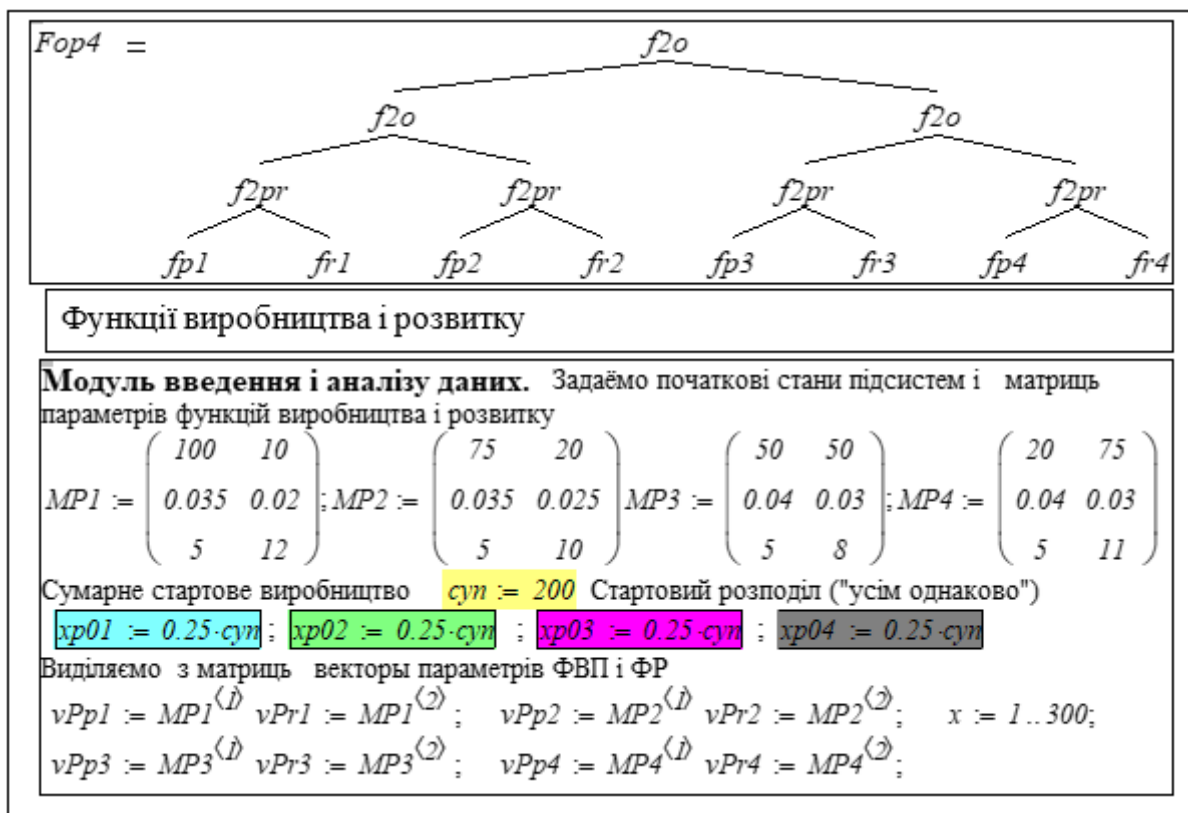


Рисунок 2.5 – Модуль введення даних

На рисунку 2.6 побудовано за цими даними чотири тестові пари функцій виробництва і розвитку (функції класу «витрати, випуск»).

На рисунку 2.7 подано результати оптимального агрегування чотирьох пар інтегрованих функцій «виробництво, розвиток». Бачимо функції – результати оптимального агрегування і функції оптимального розподілу ресурсу між виробництвом і розвитком.

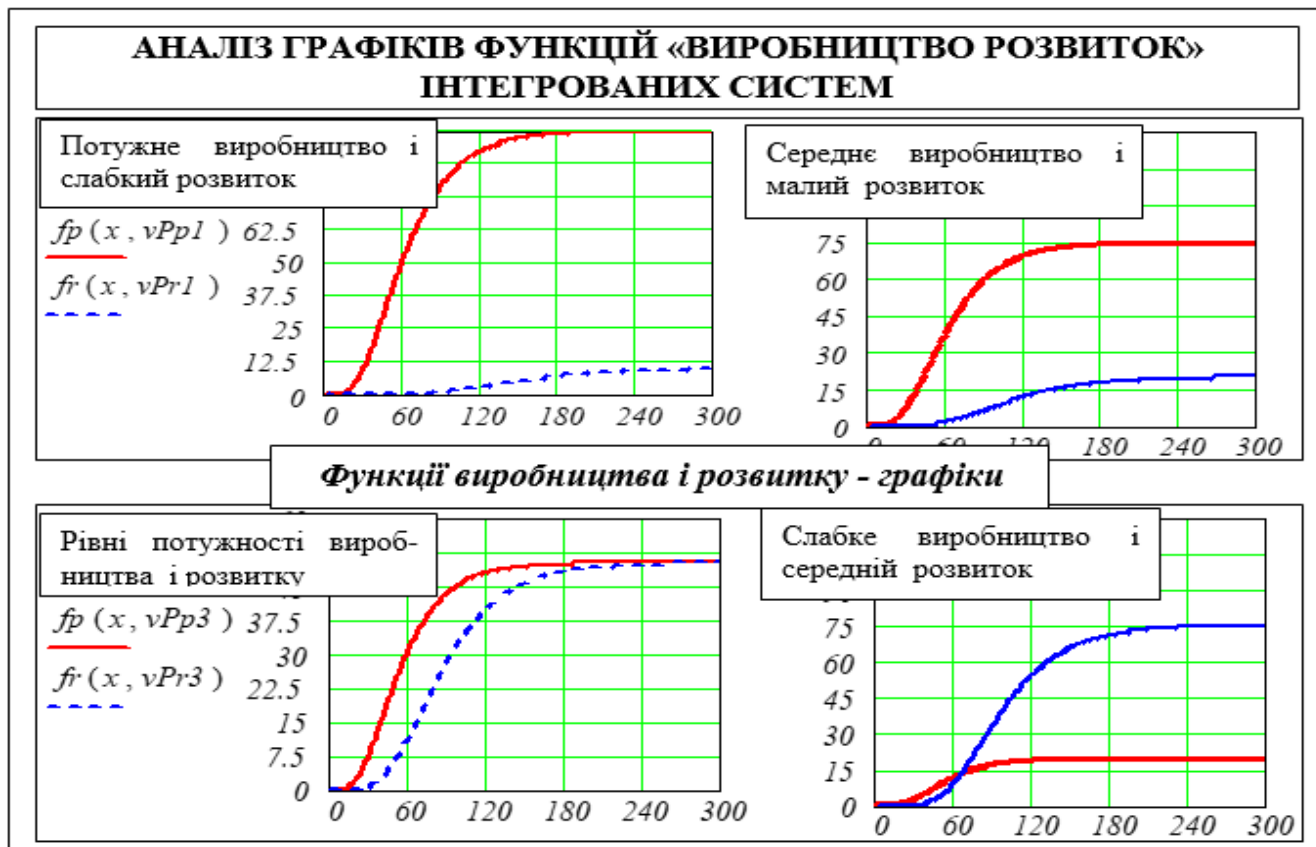


Рисунок 2.6 – Аналіз функцій виробництва і розвитку тестової системи

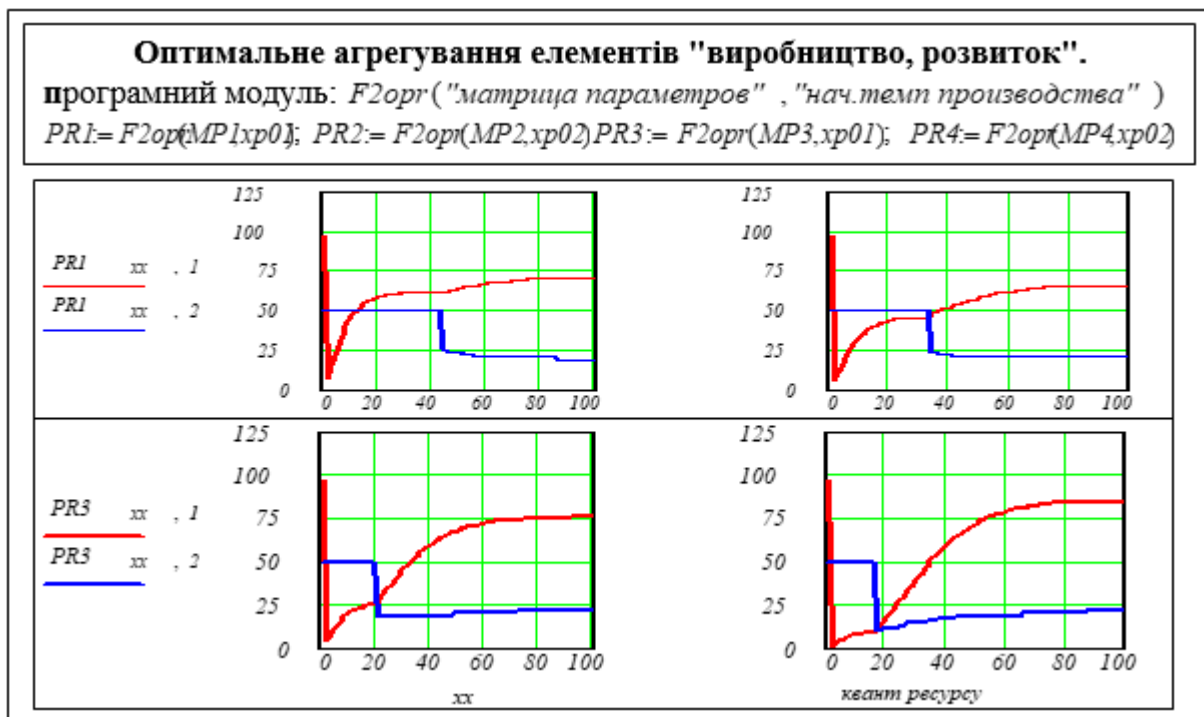


Рисунок 2.7 – Аналіз функцій виробництва і розвитку тестової системи

На рисунку 2.8 подано оптимальне агрегування в формулах і в числах.

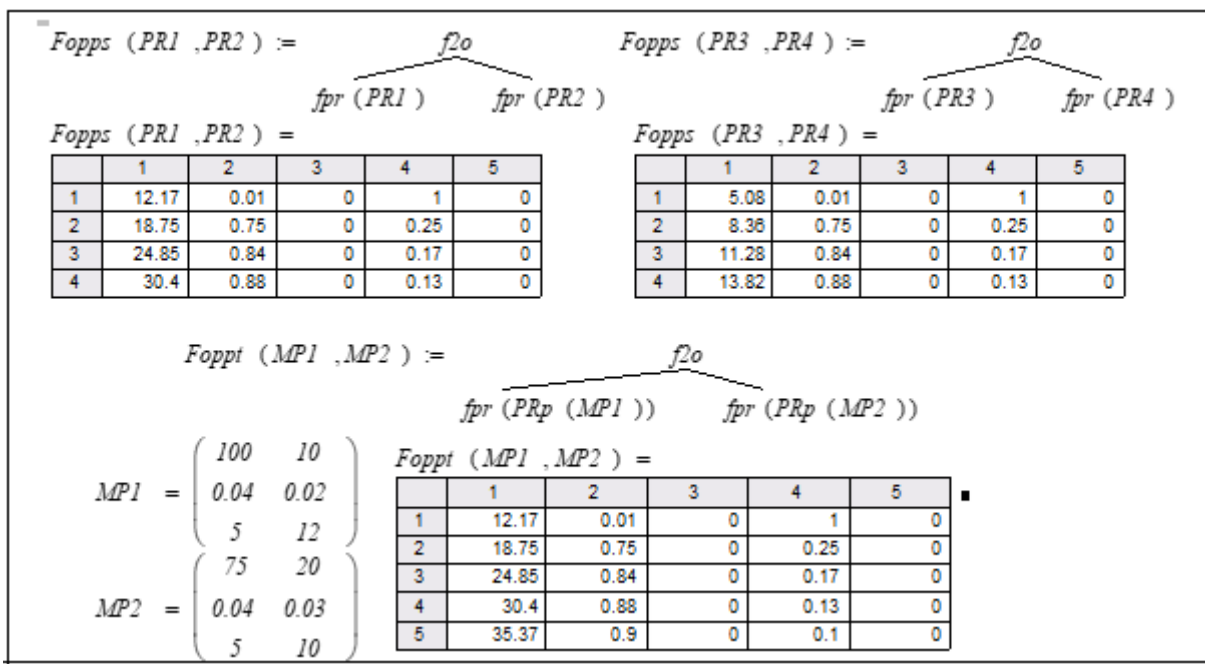


Рисунок 2.8 – Оптимальне агрегування системи (див. рисунок 2.5), результати

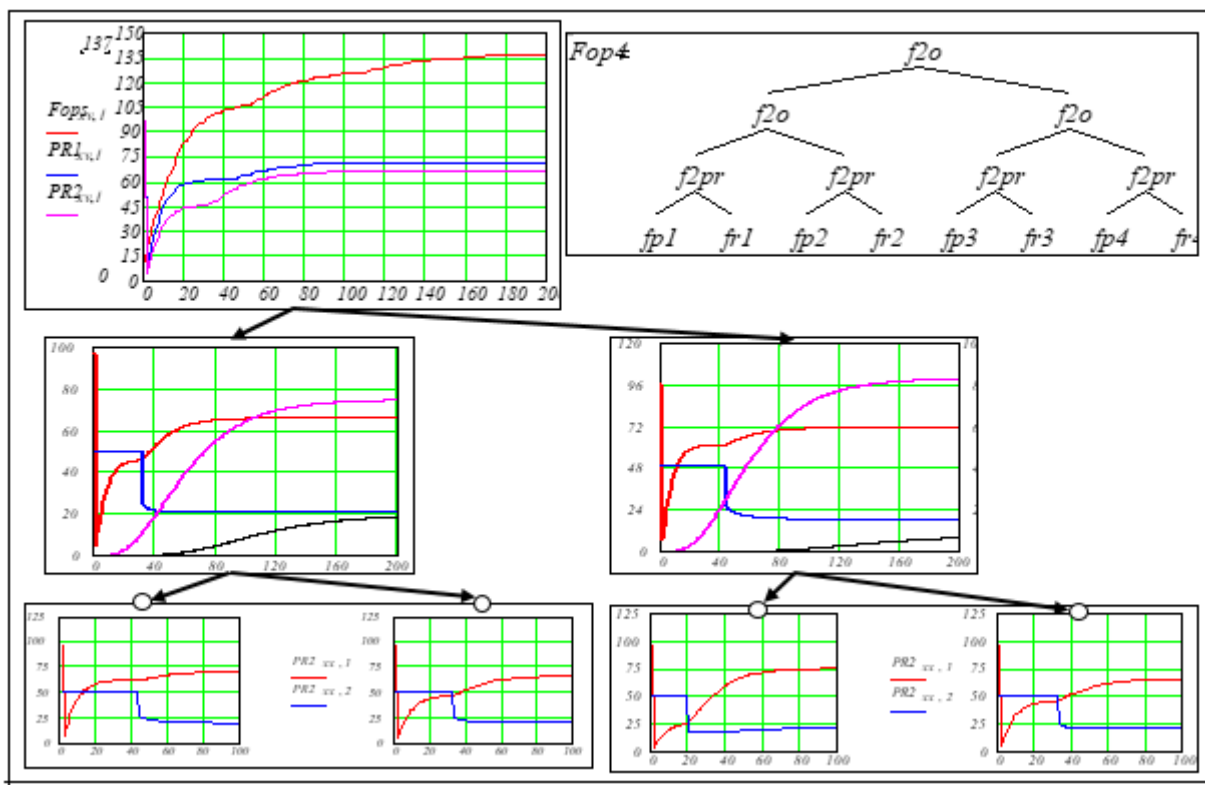


Рисунок 2.9 – Оптимальне агрегування системи: формула і графіки

На рисунку 2.9 подано бінарне дерево оптимального агрегування для тестової системи в двох альтернативних формах подання інформації: ліворуч – бінарна структура подана графіками функцій «витрати, випуск». Праворуч – теж бінарна структура складена з операторів і операндів (детально розкрито див. рисунок 2.8). Ця формула виконується в програмній платформі.

Кінцева мета розробки і дослідження поданого на рисунках 2.5 – 2.8 – отримання оптимального управління складною нелінійною системою з 8–ми елементів. Висновок: система працездатна, однак структура «виробництво, розвиток» незвична і потребує обґрунтування: агрегування «виробництво, розвиток» є адекватною реальною системою тільки для інтегрованих виробничих систем, де реальні підсистеми "виробництво" і "розвиток" мають спільне розташування, керівництво, фінансування [8]. Для такої інтеграції необхідна умова зростання ефективності оптимального розподілу ресурсів між підсистемами сучасного комп'ютерно інтегрованого виробництва. Ще одна інтерпретація таких структур – біологічна: рослини, тварини мають інтегровані підсистеми “функціонування” і “розвитку”. На рисунку 2.10 подано відповідні оптимальні розподіли ресурсів.

Будуємо графіки результатів оптимального агрегування тестового об'єкта.

Верхній рівень агрегування це ресурси для двох підсистем.

$$\begin{aligned}
 re1 &:= \overrightarrow{(Fops^{\langle 2 \rangle} + Fops^{\langle 3 \rangle})} & re2 &:= \overrightarrow{(Fops^{\langle 4 \rangle} + Fops^{\langle 5 \rangle})} \\
 repro &:= \overrightarrow{(Fops^{\langle 2 \rangle} + Fops^{\langle 4 \rangle})} & reraz &:= \overrightarrow{(Fops^{\langle 3 \rangle} + Fops^{\langle 5 \rangle})}
 \end{aligned}$$

Нижній рівень агрегування – ресурси для підсистем "виробництво" та "розвиток".



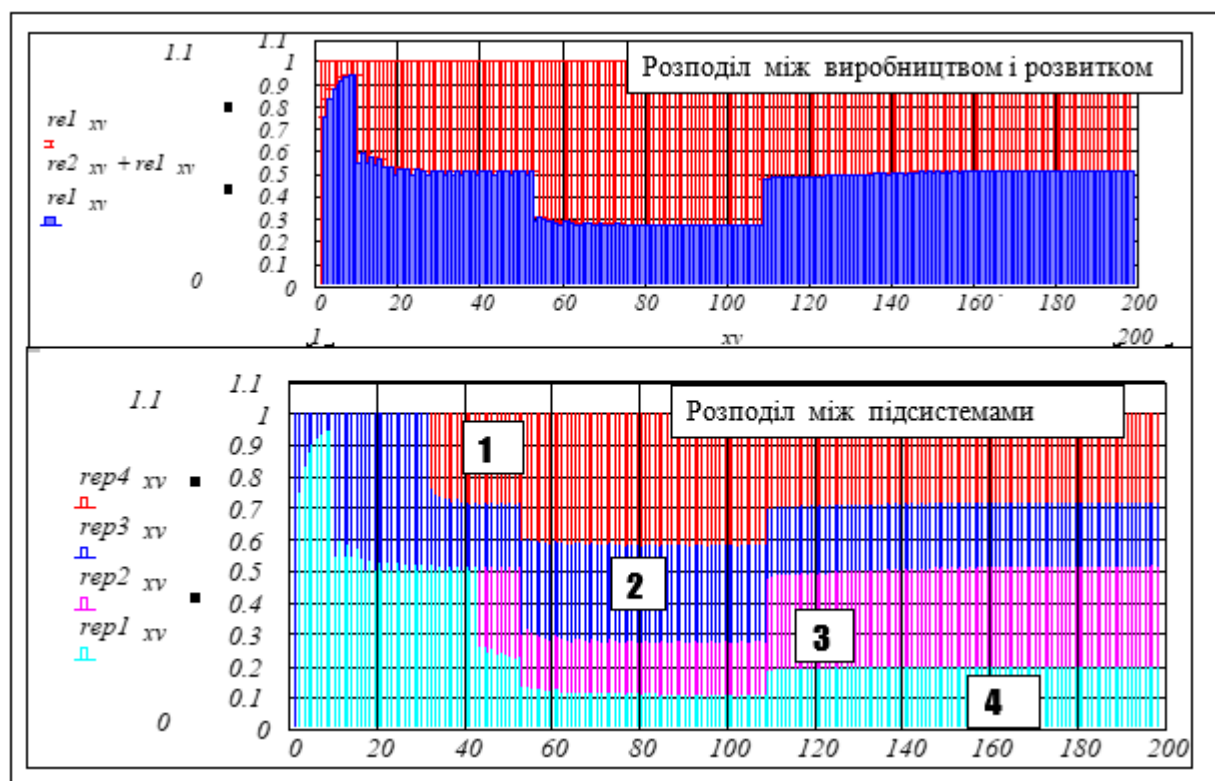


Рисунок 2.10 – Оптимальні розподіли ресурсу

#### 2.4 Аналіз функцій Гамільтона для об'єктів з урахуванням кредитів

В підрозділі 2.3 ми послідовно проаналізували методи оптимального агрегування – задачу управління поточним станом, або «однокрокову задачу» за термінологією Р. Беллмана [5]. В даному підрозділі ми подаємо центральний елемент рішення «багатокрокової задачі» управління процесами. Центральний елемент однокрокових задач – алгебра оптимального агрегування, подібним елементом для багатокрокових задач є функція Гамільтона для варіаційних задач [7]. На рисунку 2.11 подано структуру програмного комплексу «оптимальний розвиток, кредити». Це певна деталізація програмно–математичних ресурсів поданих на рисунках 2.1 – 2.4. Бачимо блоки «оптимальне агрегування» і «моделювання розвитку». Певна новизна аналізу – урахування кредитів.

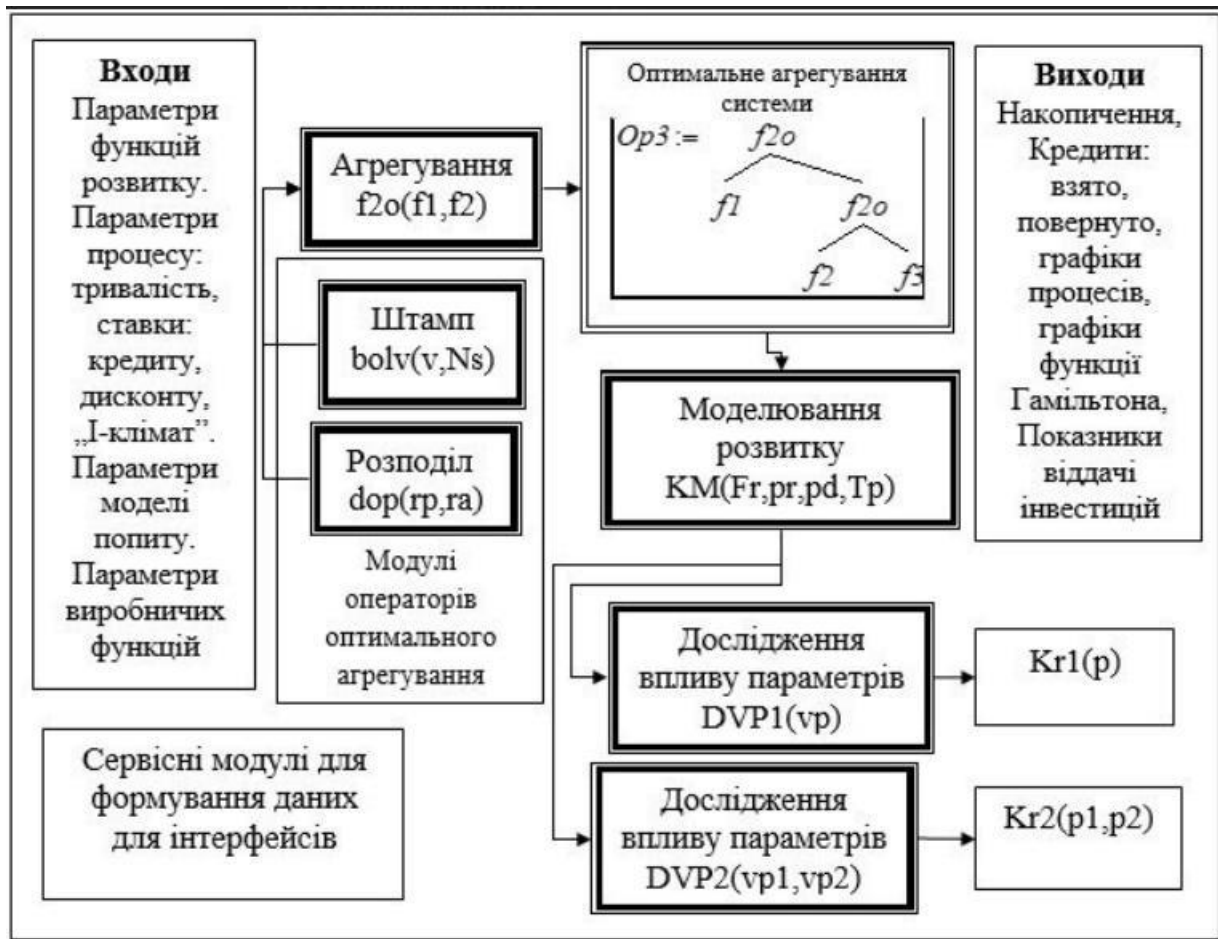


Рисунок 2.11 – Структура програмного комплексу «оптимальний розвиток, кредити»

Функція Гамільтона залежить від обсягу поточних ресурсів та управління. Візьмемо дані оптимального процесу, побудуємо для кожного кроку процесу функцію Гамільтона, побудуємо на ній траєкторію максимумів – тобто графіки за структурою такі ж як ми будували для аналізу оптимальних розподілів ресурсу.

Як вхідні дані використовуємо результати обчисленого (в попередньому розділі) оптимального процесу розвитку: темп виробництва  $x(t)$ , темп запозичення ресурсів  $xkr(t)$ , темп повернення запозичень  $brg(t)$ . Ми використовували дві змінні управління, щоб не травмувати фінансистів. Однак подивимось на ці змінні: коли маємо запозичення, всі власні ресурси – в розвитку, коли в розвиток йде тільки частка власних ресурсів – немає запозичень. Для технічного спеціаліста – зовнішні ресурси це

просто заміна "залізних" ресурсних обмежень на "гумові" – бери скільки хочеш але повертай з відсотками.

Це не значить, що можна ігнорувати фінанси чи банківську справу – це вже питання фінансово–юридичного оформлення того, що обчислює наша програма.

Запишемо спочатку вираз для неперервної функції Гамільтона

$$H(x, u) = xs \cdot (1 - u) + \text{fin}(xs \cdot u, p) \cdot (T - t + \text{prcv}) - xkr \cdot [1 + \text{prc} \cdot (T - t)]$$

Значення параметрів процесу візьмемо з попередньої частини. Період  $Tp = 12$  Кількість кроків моделювання  $Kk = 80$  Задаємо ранжовані змінні для побудови 3D графіків. Кроків управління  $Kup := \max(inv) \quad k := 1..Kk \quad ; \quad h := 1..Kup \quad ;$  кроків обчислення функції Гамільтона  $sh := 1 \div Kup$ . Беремо вихідний масив результатів моделювання і формуємо потрібні дані. Змінним даємо змістовні значення згідно розшифровці:

$$\left( \begin{array}{lll} uk & \text{"управління - частка в розвиток"} & Vs_{1,k} \\ x1 & \text{"темп сумарного виробництва"} & Vs_{2,k} \\ z1 & \text{"темп накопичення"} & Vs_{3,k} \\ xkr & \text{"темп зовнішніх ресурсів"} & Vs_{4,k} \\ -borg & \text{"темп повернення зовнішніх ресурсів"} & Vs_{5,k} \end{array} \right).$$

Сумарний ресурс  $xsk := Vs_{2,k} + Vs_{4,k} + Vs_{5,k}$  Власний ресурс  $xsk := Vs_{2,k} ;$

Кредити  $xkr_k := Vs_{4,k} \quad uk := Vs_{1,k} ;$  Повний ресурс  $xsp_k := Vs_{2,k} + Vs_{4,k}$

Частка кредитів  $xk\alpha_k := Vs_{4,k} \div xsp_k \quad ;$  Безрозмірне управління  $uk := Vs_{1,k}$

Сформуємо вираз для дискретизованої функції Гамільтона

$$Hd_{k,h} := xsk \cdot [1 - (h - 1) \cdot sh] + F3n(xsk \cdot h \cdot sh) \cdot (Tp - k \cdot Dt) - xkr_k \cdot [1 + pro \cdot (Tp - k \cdot Dt)]$$

Сформуємо вираз для максимумів функції Гамільтона (можна інакше)

$$maH_k := xsk \cdot (1 - uk) + F3n(xsk \cdot uk) \cdot (Tp - k \cdot Dt) - xkr_k \cdot [1 + pro \cdot (Tp - k \cdot Dt)].$$

Відрізаємо від'ємні частини графіка:  $HD_{k,h} := \max(Hd_{k,h}, 0);$

$$maH_k := \max(maH_k, 0)$$

Готуємо дані для графіків траєкторій максимумів:  $XI_k := k$  ;  
 $YI_k := u_k \cdot K_{up}$ ;  $ZI_k := m \alpha H_k$ . Частки кредитів в ресурсах:  $Xv_k := k$  ;  $Yv_k := x k \alpha_k K_{up}$  ;  
 $Zv_k := 3$  ; і частки ресурсу на повернення боргів:  $Xb_k := k$

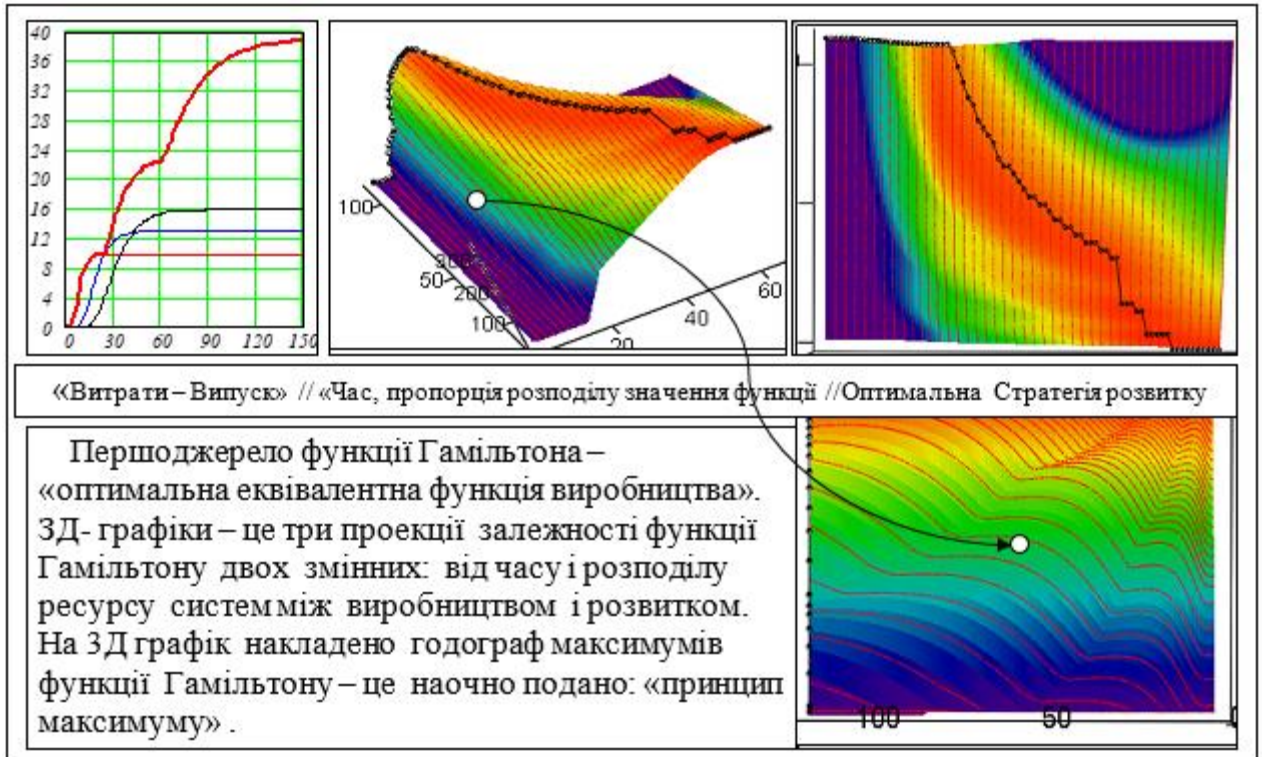


Рисунок 2.12 – Аналіз функції Гамільтона

## 2.5 Висновки до розділу 2

На базі аналізу проведеному в розділі 1 вибрано методи оптимального управління функціонуванням і розвитком сучасної виробничої системи. Аналіз показав, що в сучасних комп'ютерно інтегрованих системах неможливо розділяти функції оперативного і стратегічного управління розвитком. Також і управління кредитами краще реалізувати в комплексі з управлінням виробничими процесами. Для реалізації завдань проекту вибрано методи оптимального агрегування і рішення задачі оптимального розвитку методом принципу максимуму.

В розділі упорядковано задачі і програмні управління виробництвом за складністю як перспективи майбутніх модифікацій системи управління виробництвом. Подано наскрізне – від введення даних до аналізу результатів, тестування головних програмних модулів оптимізації оперативного і стратегічного управління з використанням кредитів.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ І ТЕСТУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧОЮ СИСТЕМОЮ З УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ

В розділі 2 була виконана класифікація програмних модулів для систем управління і комплекти з таких модулів упорядковані за складністю об'єктів управління. Це природно: чим складніший об'єкт і призначені для нього задачі, тим складнішою повинна бути в рамках математичних і технологічних обмежень

Всі елементи розробленого комплексу моделей і програм пройшли тестування. На комплексі моделей проведено тестування з відтворенням доступних емпіричних даних на подібність результатів, отриманих на альтернативних моделях.

3.1 Тестування і дослідження програм оптимального розвитку з різними кредитними стратегії

На рисунку 3.1 подано тексти двох модулів, що розраховують оптимальні (за критерієм сумарного накопичення процеси функціонування. Математичні моделі програмних модулів відрізняються підпрограмами кредитних стратегій.

Інтерфейси програм дозволяють задавати дані для широкого кола ситуацій – зміни кредитних процентів, ефективності виробництва, початкових умов та ін. Головна особливість моделей – вони працездатні для довільних, нестрого монотонних функцій виробництва і розвитку. Об'єкти моделей – одновимірні.

Розмірність об'єкта управління – не проблема в методології оптимального агрегування. Далі подано приклад моделювання для модуля з довільним багатовимірним. Модель має додаткову підпрограму оптимального агрегування ресурсної структури. Все інше виконується к у модулів на рисунку 3.1.

Призначення модулів на рисунку 3.1 – дослідження і порівняння стратегій кредитування і повернення кредитів. Перевага моделей оптимального розвитку відносно аналогів – відсутність обмежень математичного характеру – лінійності, випуклості, нерозривності та ін. Остання перевага – простота обчислювальних

експериментів, отримання статистики (віртуальна реальність замість реальної реальності).

<pre> for k ∈ 1 .. Kh1 + 1   t ← Δt · (k - 1)   maHm ← 0   xs ← (xI<sub>k</sub> - xпов<sub>k</sub>)   for q ∈ 1 .. sitkr     Xkr ← Δkr · (q - 1)     xv ← xs + Xkr     for i ∈ 1 .. Sit + 1       uu ← (i - 1) · Δu       борзS ← Xkr · [ 1 + pr · (T - t) ]       fHl ← F(xv · uu) · (T - t + prcv)       fHm ← maHm &lt; fHl       ym ← maHm · (1 - ym) + fHm · ym       maHm ← maHm · (1 - ym) + fHm · ym       uIop ← uIop · (1 - ym) + uu · ym       xkrop ← xkrop · (1 - ym) + Xkr · ym     uk+1 ← uIop   xkr<sub>k+1</sub> ← xkrop   xпов<sub>k+1</sub> ← xпов<sub>k</sub> + <math>\frac{xkr_k [ 1 + pr \cdot (T - t) ]}{T - t} \cdot \Delta t</math>   Okp ← xI<sub>k</sub> + xkr<sub>k+1</sub> - xпов<sub>k+1</sub>   inv<sub>k+1</sub> ← Okp · uk+1   xI<sub>k+1</sub> ← xI<sub>k</sub> + F(inv<sub>k+1</sub>) · Δt   zI<sub>k+1</sub> ← Okp · (1 - uk+1)   sdox ← sdox + zI<sub>k+1</sub> · Δt   взяли ← взяли + xkr<sub>k</sub> · Δt   отдали ← отдали + xпов<sub>k</sub> · Δt   borg<sub>k+1</sub> ← borg<sub>k</sub> - xпов<sub>k</sub> · Δt   vys ← (uk xI<sub>k</sub> zI<sub>k</sub> xkr<sub>k</sub> -xпов<sub>k</sub> borg<sub>k</sub> inv<sub>k</sub>)   vyx<sup>(k)</sup> ← vys<sup>T</sup> Vys ← (vyx sdox взяли отдали) Vyx ← Vys<sup>T</sup> </pre>	<pre> for k ∈ 1 .. Kh1 + 1   t ← Δt · (k - 1)   maHm ← 0   xx ← xI<sub>k</sub> - xпов<sub>k</sub> · 0   for q ∈ 1 .. sitkr     Xkr ← Δkr · (q - 1)     xv ← xx + Xkr     for i ∈ 1 .. Sit + 1       uu ← (i - 1) · Δu       qq1 ← (Tпов - t) · γ · (Tпов - t &gt; 0)       qq2 ← (Tp - t) · (Tпов - t ≤ 0)       борзH ← Xkr · [ 1 + pr · (qq1 + qq2) ]       fHl ← F(xv · uu) · [(Tp - t)<sup>β</sup> + prcv]       fHm ← fHl + xv · (1 - uu) - борзH       ym ← maHm &lt; fHm       maHm ← maHm · (1 - ym) + fHm · ym       uIop ← uIop · (1 - ym) + uu · ym       xkrop ← xkrop · (1 - ym) + Xkr · ym     uk+1 ← uIop   xkr<sub>k+1</sub> ← xkrop · (Tпов - t &gt; 0)   borg<sub>k+1</sub> ← borg<sub>k</sub> · (1 + pr · Δt) + (xkr<sub>k+1</sub> - xпов<sub>k</sub>) · Δt   Xs<sub>k+1</sub> ← xI<sub>k</sub> + xkr<sub>k</sub>   inv<sub>k+1</sub> ← Xs<sub>k+1</sub> · uk+1   xI<sub>k+1</sub> ← xI<sub>k</sub> + F(inv<sub>k+1</sub>) · Δt   tmpdox<sub>k+1</sub> ← Xs<sub>k</sub> · (1 - uk+1)   xпов<sub>k+1</sub> ← tmpdox<sub>k+1</sub> · (borg<sub>k</sub> &gt; 0)   zI<sub>k+1</sub> ← tmpdox<sub>k+1</sub> - xпов<sub>k+1</sub>   sdox ← sdox + zI<sub>k+1</sub> · Δt   взяли ← взяли + xkr<sub>k</sub> · Δt   отдали ← отдали + xпов<sub>k</sub> · Δt   vys ← (uk xI<sub>k</sub> zI<sub>k</sub> xkr<sub>k</sub> -xпов<sub>k</sub> borg<sub>k</sub> inv<sub>k</sub>)   vyx<sup>(k)</sup> ← (vys)<sup>T</sup> Vys ← (vyx sdox взяли отдали) Vyx ← (Vys)<sup>T</sup> </pre>
---	--

Рисунок 3.1 – Тексти програм для моделей розвитку виробництва з різними кредитними стратегіями

На рисунку 3.2 подані два приклади моделювання для цих двох програм.

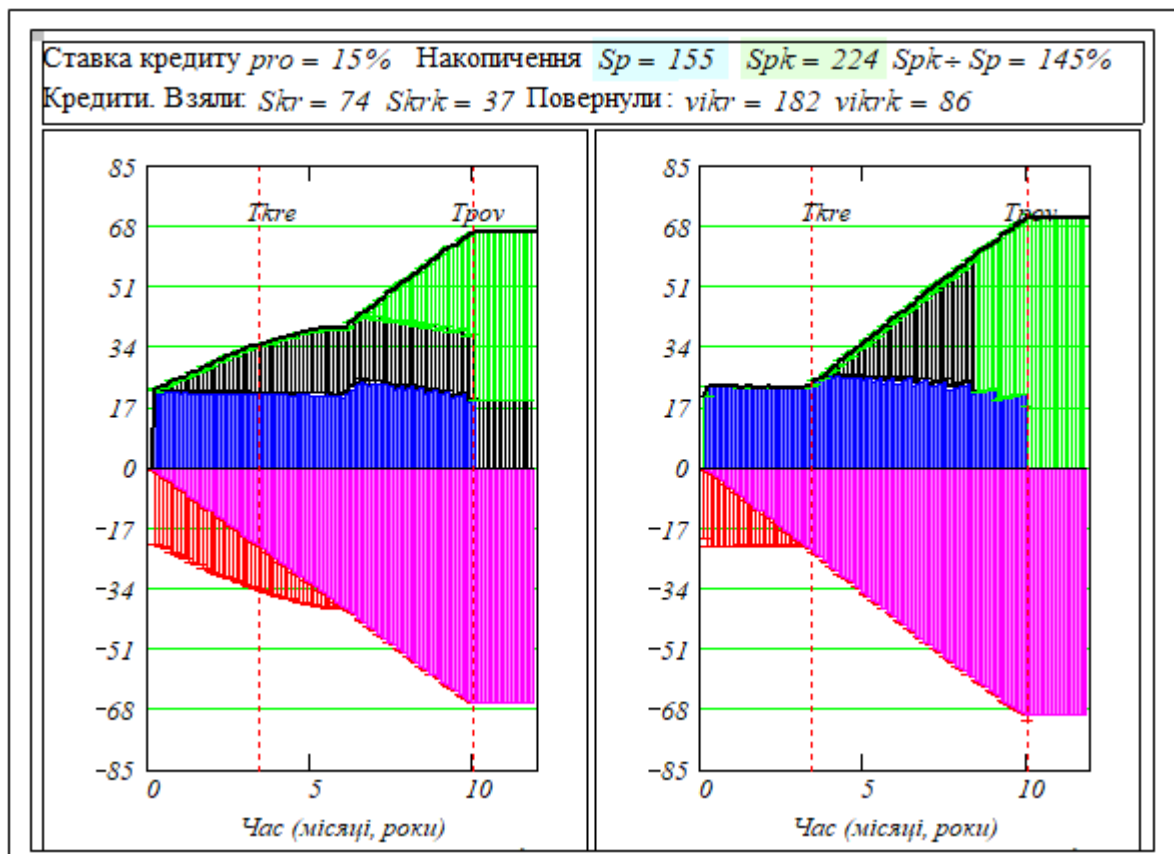


Рисунок 3.2 – Приклади видачі програм для моделей розвитку виробництва з різними кредитними стратегіями

Бачимо на рисунку 3.2 – у програм різні стратегії кредитування і повернення кредитів, що в підсумку тестування дає суттєво більше значення критерію накопичення

Програми моделювання процесів оптимального розвитку створені для рішення конкретної дослідницької задачі легко модифікувати у стенди для нових досліджень. На рисунку 3.3 подано такий стенд для випробування нових моделей і методів стійкого розвитку довільних систем. На рисунку 3.3 подано інтерфейс програми оптимального розвитку що видає одразу два прогони програми з різними параметрами для проведення аналізу «що буде якщо».



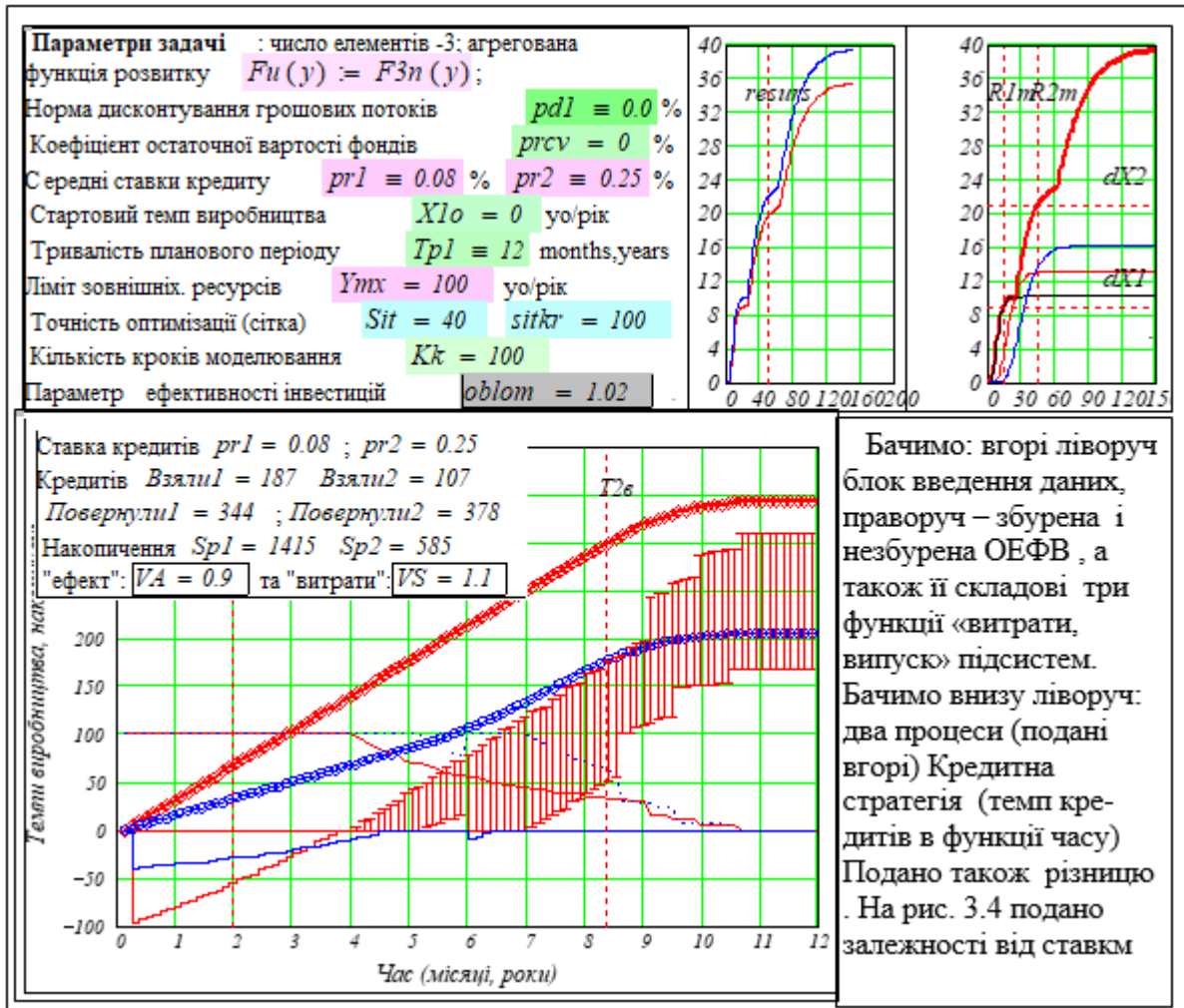


Рисунок 3.3 – Тестування модуля «оптимальний розвиток», варіант однорівневий розподіл кредитів

На рисунку 3.4 подано приклад розробки «стенд для отримання і дослідження функцій впливу». На ньому бачимо такі показники – параметри процесів: інвестиційний клімат, складові якого «ефект», «витрати» характеризують стан ринків продукту і ресурсів виробництва.

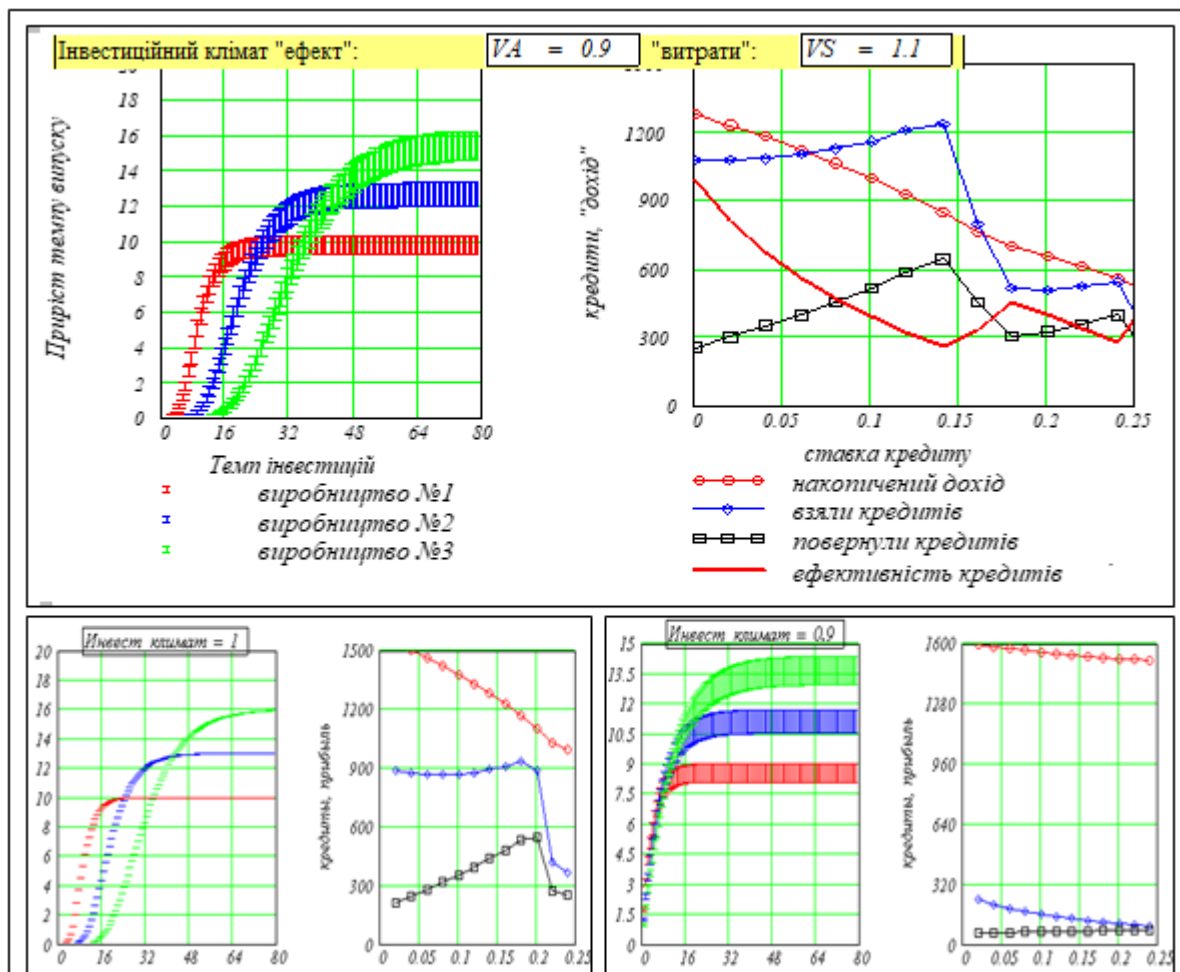


Рисунок 3.4 – Аналіз впливу ставки кредитів на оптимальний процес – приклад

Праворуч, в верхній частині бачимо складний характер показників процесу в цілому: накопиченого доходу, кредитів і ефективності кредитів. На нижніх графіках ті ж самі залежності. Третій графік дає уяву про складність задач класичної економіки – все гладке і монотонні.

На рисунку 3.5 подано приклад "внутрішніх" розподілів ресурсів виробництва і розвитку в процесі оптимального розвитку певної виробничої системи. Так можна досліджувати вплив на елементи великої системи кредитного проценту, цін та ін.

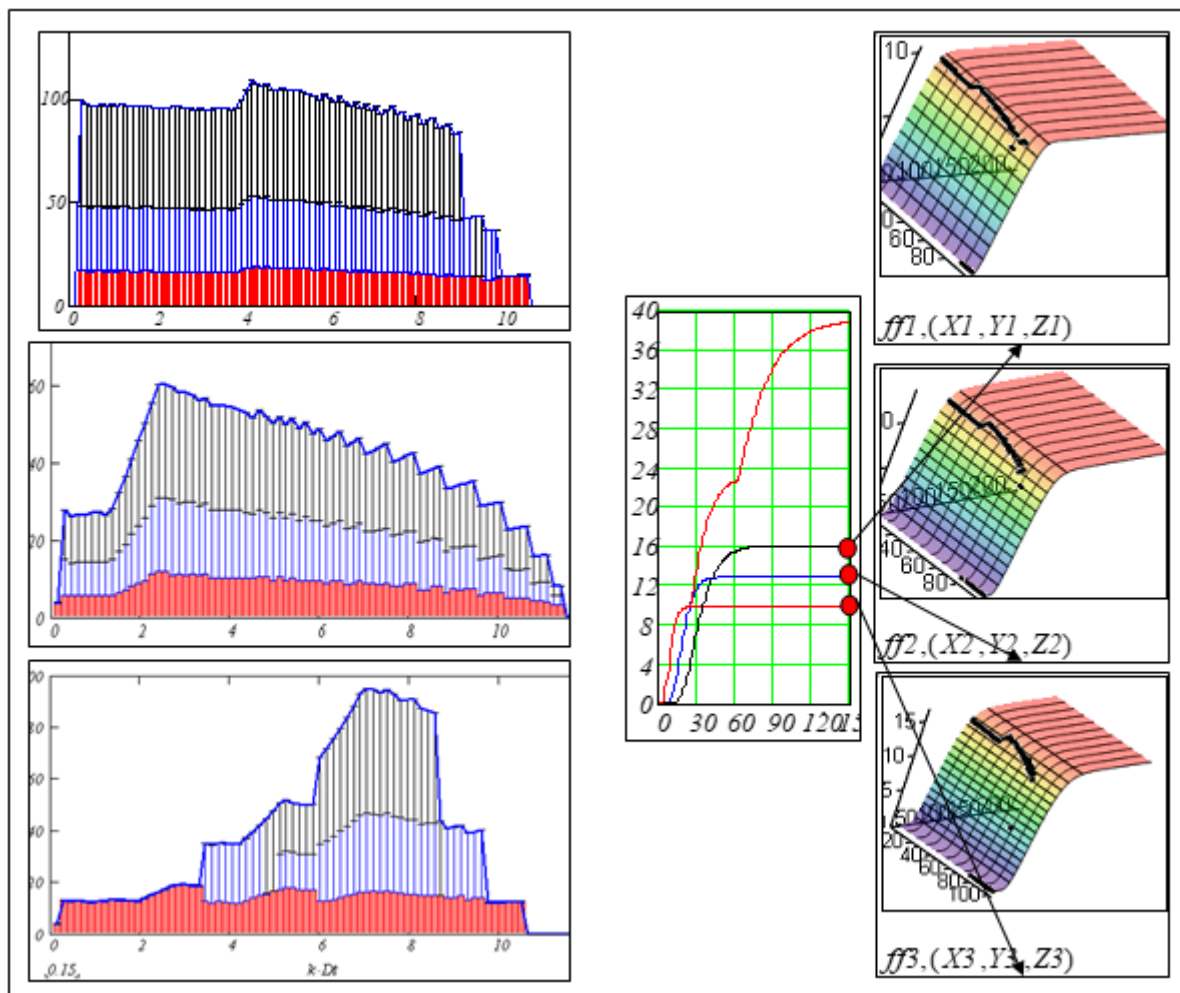


Рисунок 3.5 – Оптимальні розподіли ресурсів виробництв між підсистемами

### 3.2 Отримання і аналіз функцій чутливості параметрів на процеси оптимального розвитку

Матеріал даної роботи базується на працездатних програмних модулях з тематики роботи. Результати даної роботи не тільки нові науково технічні, але і методичні. Після поданого аналізу і рішення задач оптимального управління виробництвом з довільними ресурсними структурами робимо згідно завданню документ інформаційного забезпечення – методичний матеріал з аналізу кредитних стратегій, починаючи з кроків введення виведення даних.

Розглянемо інформаційну технологію роботи з програмним модулем "оптимальний розвиток", виконаємо «що буде якщо» аналіз для прикладу.

Зберемо з наявних програмних модулів систему для «що буде якщо» аналізу. Система повинна виводити два процеси і два набори показників – для номінальних значень і значень з урахуванням можливих відхилень (звичайно цікавляться відхиленнями в гіршу сторону).

Вводимо варіації «амплітуди» (інвестиційний клімат):  $VA:=1.1$  та «увігнутості»:  $VS:=0.9$ , ціна ресурсу  $Cin:=0.0$ , обмеження по ресурсу –  $resurs:=70$ .

Маємо два набори даних треба даних – незбурених і збурених.

Будуємо графіки функцій отримати два результати обчислення треба отримати. Виробнича система складається з трьох елементів. Виконуємо оптимальні агрегування для двох наборів розвитку і результати агрегування

На рисунку 3.7 подано результати оптимального агрегування ресурсної структури виробничої системи.

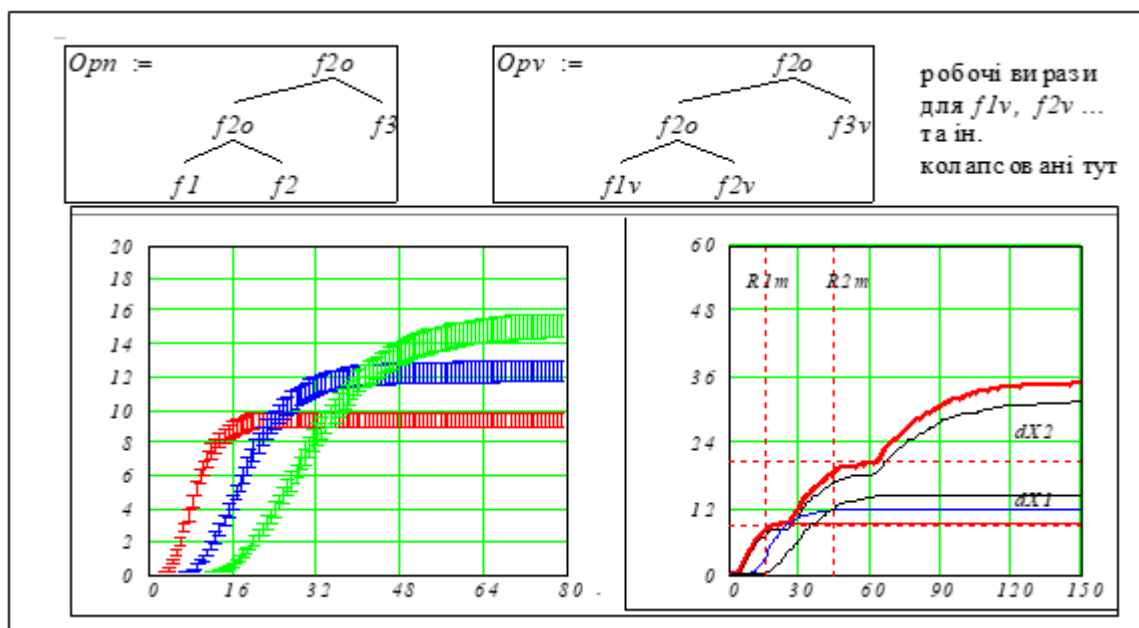


Рисунок 3.6 – Модуль що буде якщо аналізу. Крок «оптимальне агрегування ресурсної структури об'єкту.

Вводимо дані в головний інтерфейс «що буде якщо» аналізу (рисунок 3.7).

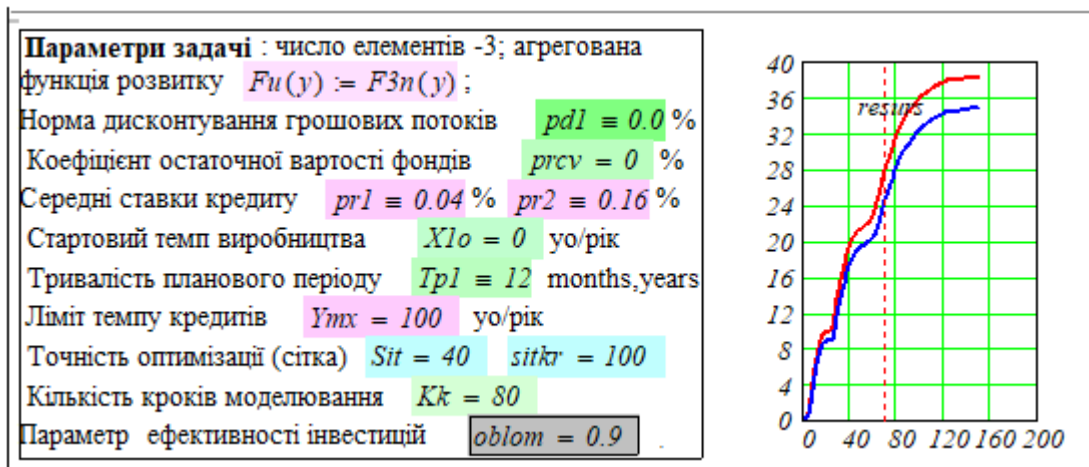


Рисунок 3.7 – Головний інтерфейс модуля «що буде якщо» аналізу

Будуємо і порівнюємо графіки перехідних процесів, аналізуємо числові дані.

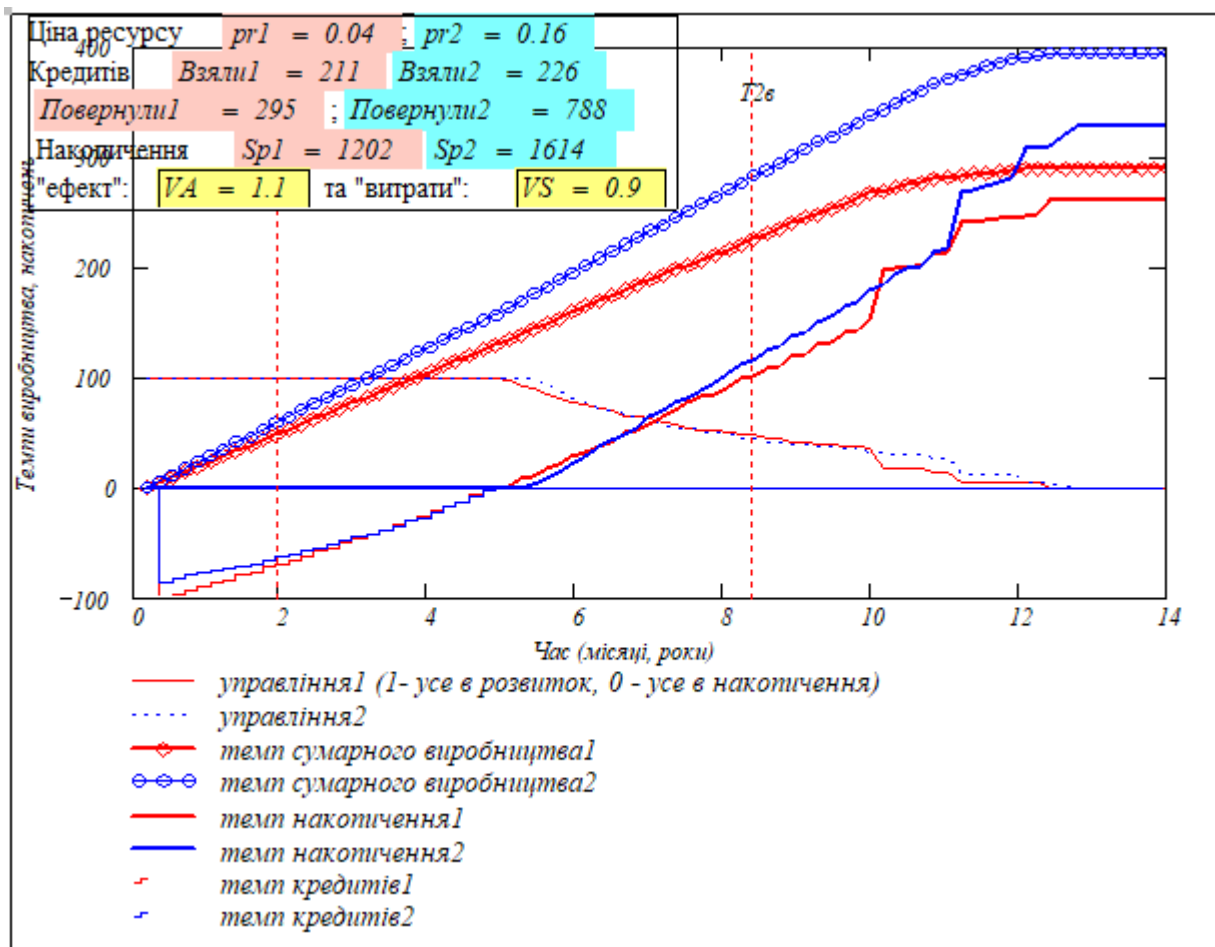


Рисунок 3.8 – Порівняльний аналіз процесів розвитку з ставками кредитів 4 і 16%

Підсумок : Якщо зміняться: ставка кредиту з  $pr1 = 4\%$  на  $pr2 = 16\%$  , порогові витрати (увігн.) на  $dS = -10\%$  ефективність (ампл.) на  $dA = 10\%$  буде ось що: накопичений прибуток зміниться на  $(Sp2 - Sp1) \div Sp1 = 34.3\%$  , обсяг витрат по кредитах зміниться на  $1 - |Повернули2 - Повернули1| \div Повернули1 = -66.9\%$  , якщо управління буде оптимальним.

### 3.3 Отримання і аналіз функцій чутливості ставки кредитів на процеси оптимального розвитку

Зробимо модуль для отримання функції впливу ставки кредиту. Це майже очевидно і (очевидно) просто: задаємо кількість точок  $Nk := 15$  ранжовану змінну  $q := 1..Nk$  і крок зміни ставки  $krok := 0.02$  ,  $pk_q := krok \cdot (q - 1)$ . Робимо такий модуль.

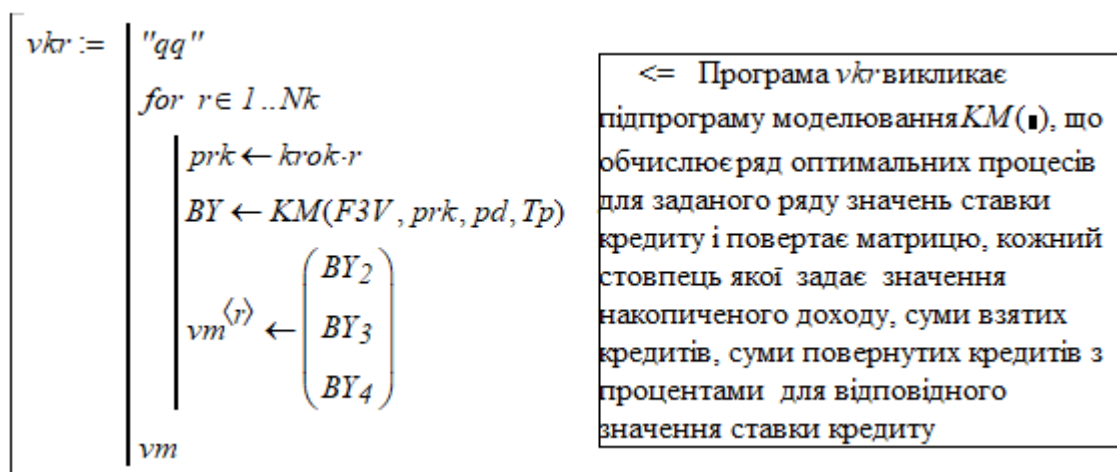


Рисунок 3.9 – Програмний модуль «функції чутливості»

Обчислюємо і будуємо функції чутливості – залежності показників процесу від кредитного проценту. Недолік модуля: для обчислення 50 – точок функції чутливості треба 50 разів запустити програму  $KM(F3V, prk, pd, Tp)$ .

На рисунку 3.10 подані функції виробництва підсистем і чотири функції чутливості для: доходу, обсягу кредитування, ефективності кредитів і доходів банку.

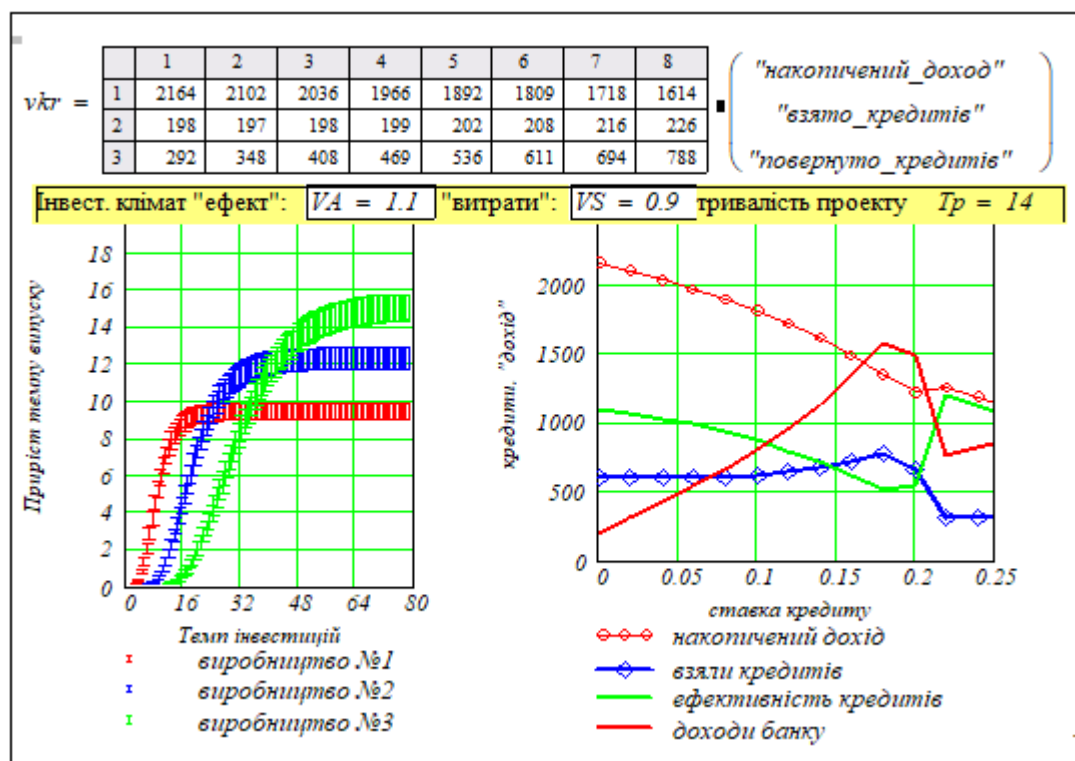


Рисунок 3.10 – Отримання і аналіз функцій чутливості.

Для порівняння подаємо ще два приклади функцій чутливості для інших наборів параметрів (рисунки 3.11, 3.12).

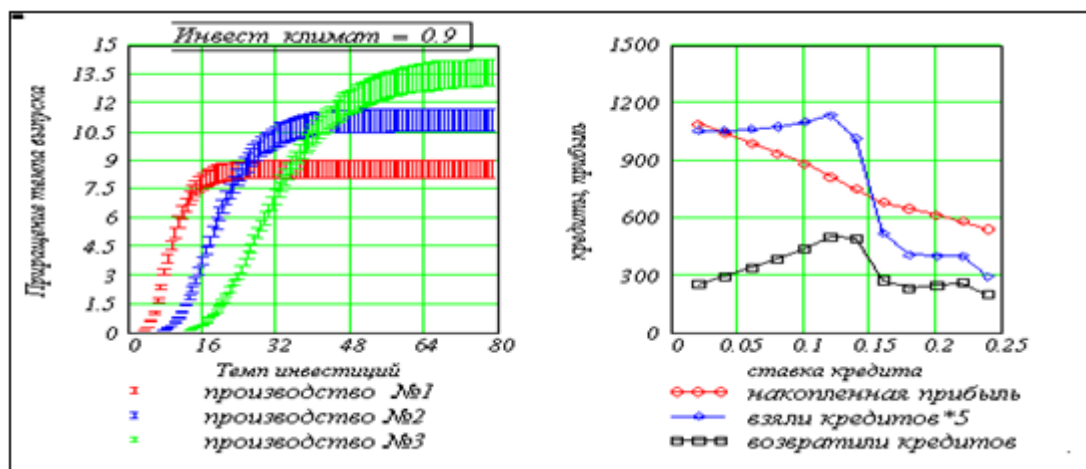


Рисунок 3.11 – Отримання функцій чутливості при зміні параметрів виробництва.

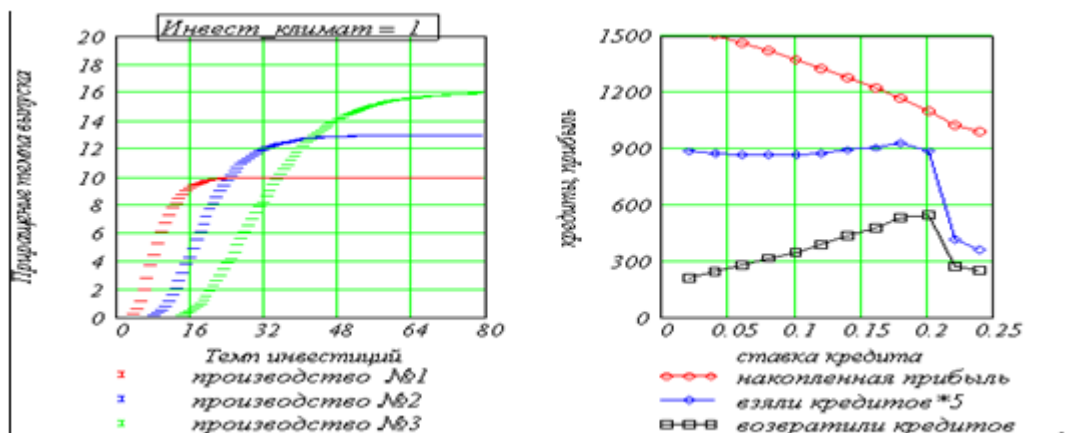


Рисунок 3.12 – Отримання функцій чутливості при зміні розкидів функцій виробництва

### 3.4 Нова задача кредитних відносин банку і підприємства

Кредити в сучасних умовах не завжди найкраще рішення для обох сторін – банку і підприємства. Виконаний в цьому розділі на базі оптимального агрегування синтез і аналіз оптимального управління розвитку, зокрема, отримання і аналіз функцій чутливості, дозволи знайти і реалізувати нові методи рішення нових задач оптимізації. Все це обумовлено безпошуковим методом оптимального агрегування за рахунок заміни багатовимірної задачі оптимізації еквівалентною системою одновимірних задач [38]. Параметризація функції користувача, що є рішенням оптимізаційної задачі, суттєво змінює результат оптимального агрегування: ми отримуємо не одне рішення – функцію витрат або часу. Ми отримуємо дещо корисне, але без теоретичного обґрунтування.

В розділі 3.2 подано «методичний посібник» управління розвитком вже з відомих, опрацьованих розробок кафедри і керівника. В постановці нової задачі користуємось матеріалом розділу 3.2.

Розглянемо просту але змістовну і логічну задачу, назвемо її: «справедливий розподіл цінності між банком і виробничою системою в процесі виконання інвестиційного проекту» [38].

Записуємо значення параметрів:  $NN := 40$   $x := 0, 0.5..NN$ ;  $roz := 0.5$



Загальна модель. Вважаємо відомими функції накопиченого за плановий період виконання інвестиційного проекту доходу:

для банку і підприємства.

$$Sdbank(rk, p) \quad Sdprod(rk, p)$$

Хай на певному інтервалі ставок кредитів  $rk1 \leq rk \leq rk2$

Похідна від доходу підприємства від'ємна, накопичений дохід зростає з падінням ставки кредитів – (це безумовна властивість процесів розвитку) [38]. Похідна від накопиченого процентного доходу банку:

$$\frac{\partial}{\partial rk} Sdprod(rk, p) < 0; \quad \frac{\partial}{\partial rk} Sdbank(rk, p) > 0$$

Відомо, що банк не може незалежно вибрати ставки кредитів – ставка як мінімум, залежить від середньої ставки кредитів на банківському ринку [7].

Хай, на заданому інтервалі встановлена ставка кредиту даного банку для даного підприємства  $rk1 \leq rko \leq rk2$

При певному малому зменшенні ставки кредиту на  $\Delta rk$  дохід банку зменшиться на  $\frac{\partial}{\partial rk} Sdbank(rko - \Delta rk, p)$  дохід підприємства збільшиться на

$$\frac{\partial}{\partial rk} Sdprod(rko - \Delta rk, p)$$

При цьому можливі такі ситуації:

$$a) \frac{\partial}{\partial rk} Sdbank(rko - \Delta rk, p) + \frac{\partial}{\partial rk} Sdprod(rko - \Delta rk, p) > 0;$$

$$б) \frac{\partial}{\partial rk} Sdbank(rko - \Delta rk, p) + \frac{\partial}{\partial rk} Sdprod(rko - \Delta rk, p) < 0.$$

$$\Delta doxSyst = \frac{\partial}{\partial rk} Sdbank(rko - \Delta rk, p) + \frac{\partial}{\partial rk} Sdprod(rko - \Delta rk, p)$$

приріст доходу

$$lost\_bank = \frac{\partial}{\partial rk} Sdprod(rko - \Delta rk, p)$$

втрати банку

В ситуації коли сумарний дохід системи зростає при падінні ставки кредитів маємо суттєвий приріст доходу підприємства, більше падіння доходів банку. Підприємство може виплачувати банку «премію» за знижку ставки кредитів на  $\Delta rk$  в діапазоні  $lost\_bank \leq bonus\_bank \leq \Delta doxSys$ .

Розподіл прирощення доходу системи «банк, підприємство» – задача наступних досліджень другого рівня, варіанти рішення можуть бути такими [6]:

- рівно,
- пропорційно вкладам ресурсів сторонами;
- все віддати банку, якщо для підприємства головна цінність не дохід, а завоювання ринку – тобто на швидке створення власних виробничих потужностей.

Наступний крок в задачі "справедливого розподілу прирощення цінності" це – аналіз області існування в просторі параметрів підмножин з позитивним прирощенням сумарного доходу або сумарної цінності.

Монотонне відображення доходу в попит:

Записуємо значення параметрів:  $NN := 40$ ,  $roz := 0.5$

Модифікуємо модель доходів на базі простішої гіпотези «зсув розподілу»):

$$doxpoz(x) := dlnorm(x, mu, roz) ==>$$

$$==> doxpom(x, nd) := dlnorm(x - nd, mu + 0.1nd, roz), \text{ де}$$

$x$  – рівень доходу,  $nd$  – параметр типу "національний дохід на душу населення"

На рисунках 3.8 – 3.12 подано ряд функцій впливу, тепер відображуємо теоретичний матеріал підрозділу 3.3 (частково) у графіках функцій впливу (рисунки 3.13, 3.14)

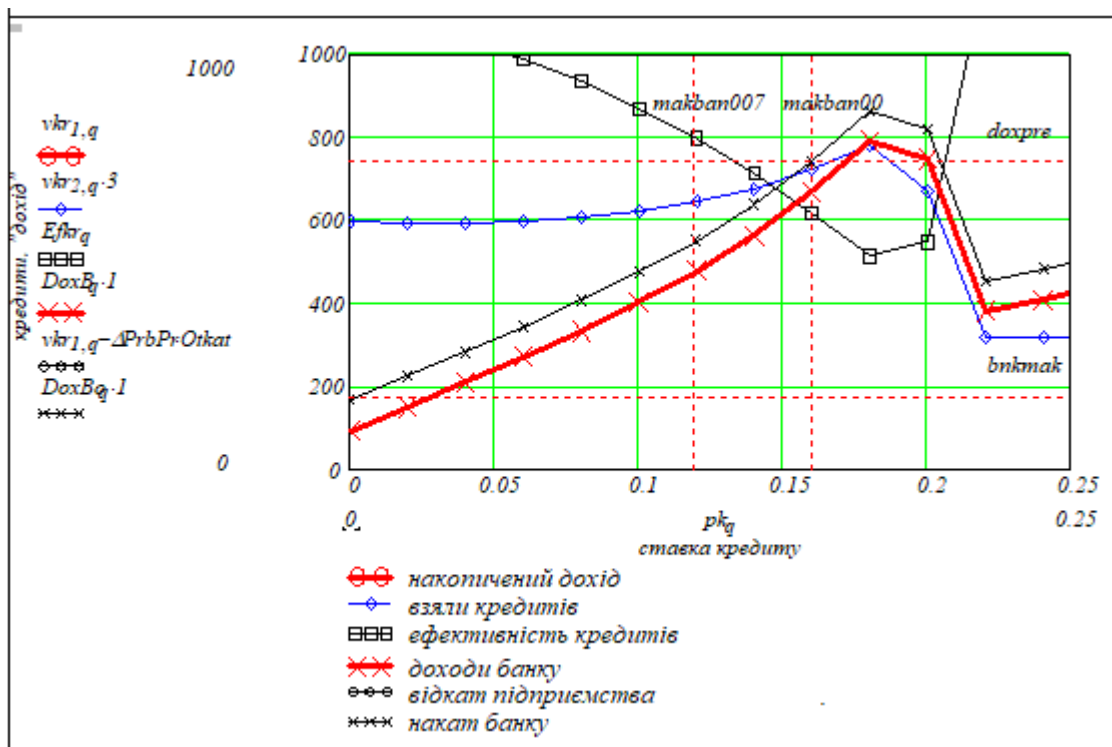


Рисунок 3.13 – Аналіз ситуацій сумарного доходу системи «виробництво банк».

### Приклад 1

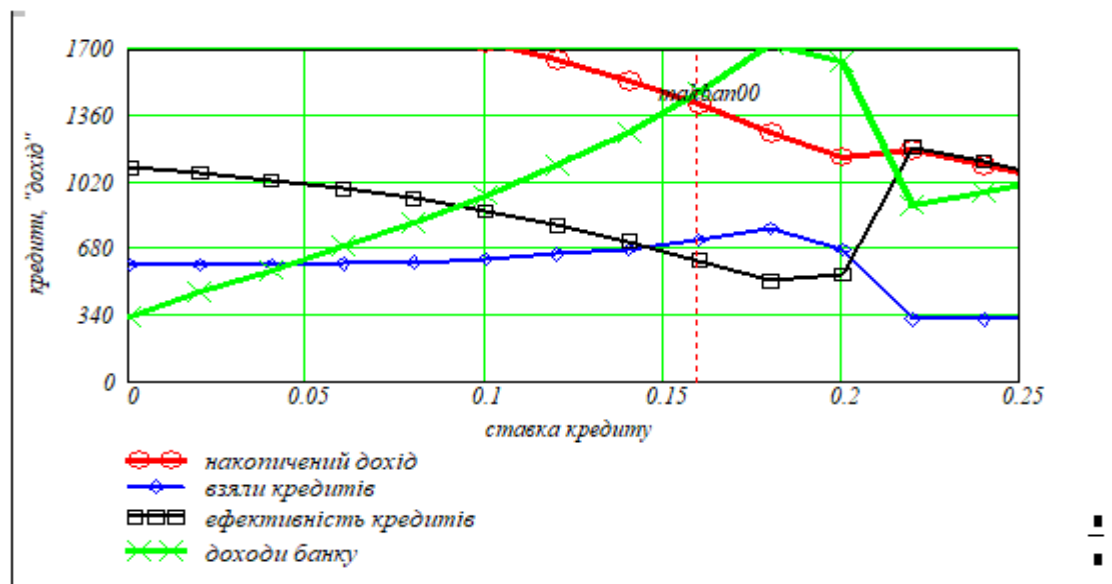


Рисунок 3.14 – Аналіз ситуацій сумарного доходу системи «виробництво банк».

### Приклад 2

### 3.5 Висновки до розділу 3

Виконано дослідження і узагальнення моделей функціонування і розвитку виробничих систем з урахуванням кредитів, тобто аналізом і розробкою питань стратегій кредитування і стратегій повернення кредитів, вирішені як додаткові модулі базової програми «оптимальний розвиток виробничої системи».

Для розробки математичних моделей і програм оптимізації процесів розвитку взагалі і кредитних стратегій зокрема вибрано методи оптимального агрегування – безпошукові і без обмежень математичного характеру.

Досліджені функції впливу параметрів для рішень задач оптимального розвитку з урахуванням кредитів, досліджено систему "банк, виробництво".

Метод оптимального агрегування дозволяє побудувати дворівневу структуру розподілу кредитних ресурсів з більш деталізованим розподілом, виконується оптимальний розподіл "внутрішніх кредитів між підсистемами".

Розглянута задача: «справедливий розподіл цінності між банком і виробничою системою в процесі виконання інвестиційного проекту».

## ВИСНОВКИ

В даній комплексній роботі поставлена задача розробки підсистеми оптимального управління розвитку підприємства з урахуванням кредитів.

Виконано аналіз літератури по тематиці роботи. В переглянутих аналогах і прототипах задача роботи розглядається тільки на спрощених моделях і методах аналізу і синтезу управління виробництвом.

Об'єктом комплексної роботи є інтегрована система «виробництво , розвиток, рітейл, рециклінг». Аналіз публікацій показав, що така структура вже існує на практиці, але функціонує на базі емпіричних методів. Частини даної комплексної роботи зводяться в єдину цілісну математичну модель параметризованої оптимально агрегованої системи, де користувачі є теж елементами виробничої системи.

В даній частині роботи виконано аналіз і узагальнення кредитів для виробничої системи в процесах оптимального функціонування і розвитку багато продуктової виробничої системи. В розділах 2 і 3 подано основні аспекти кредитування і повернення кредитів.

Рішення задач аналізу і синтезу системи управління базовано на методах оптимального агрегування, методу рішення задачі оптимального розвитку на базі методу принципу максимуму, вибрано шлях програмної реалізації системи. Розроблено відповідні компоненти програмного забезпечення комплексної роботи.

Згідно завданню поставлені і вирішені такі задачі:

- розробка узагальненої робочої моделі динаміки багатопродуктової системи з урахуванням кредитів;

- розробка модулів вводу параметрів задачі і виводу результатів моделювання, результатів оптимального агрегування;

- розробка модуля введення параметрів математичних моделей функціонування окремих виробників і параметрів функцій попиту по альтернативних кредитних стратегіях.

На основі запропонованого підходу до моделювання процесів розвитку розподілених систем отримано такі практичні результати: – створені на базі теоретичних результатів алгоритми і програми моделювання оптимальних процесів розвитку дозволяють підвищити ефективність автоматизованих систем управління розподіленими виробничими системами; – усі розроблені моделі реалізовано як комплекс програмного забезпечення. Програмні модулі можуть переноситись в типові стандартні програмні платформи.

## Перелік посилань

1. Боровська, Т.; Гришин, Д.; Демчуков, О. Система оптимального управління розвитком підприємства з урахуванням кредитів. [Електронний ресурс] / Боровська, Т.; Гришин, Д.; Демчуков, О. Факультет комп'ютерних систем і автоматики. Україна, 2020. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2020/paper/view/9547/7820>
2. Боровська Т. М. Метод оптимального агрегування в оптимізаційних задачах / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. – 229 с.
3. Bellman, R.E. Certain problems of mathematical control theory / R. Bellman, I. Glikhsberg, O. Gross – М.: Publishing House of Foreign Literature, 1962. – 233 p.
4. Bellman, R. E. Dynamic programming and modern control theory. / Bellman, R. E., Kalaba, R. E. Moscow, USSR: NAYKA Publishing House, 1969. – 131p.
5. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння: монографія / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов; за заг. ред. Т. М. Боровської. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 255 с.
6. Боровська Т. М. Математичні моделі функціонування і розвитку виробничих систем на базі методології оптимального агрегування: монографія / Т. М. Боровська. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 308 с.
7. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація систем автоматичного управління: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, В. А. Северілов. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с.
8. Боровська Т. М. Основи теорії управління та дослідження операцій: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 242 с.

9. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація у менеджменті: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2009. – 145 с.
10. Боровська Т. М. Моделювання задач управління інвестиціями: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т.М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с.
11. Боровська, Т. Н. Оптимальне агрегування виробничих систем з параметричними зв'язками / Т. Н. Боровська Східно–Європейський журнал передових технологій. – 2014.
12. Forrester J. Fundamentals of cybernetics of the enterprise (Industrial dynamics): Translated from English. / J. Forrester – М.: Progress, 1971. – 340 p.
13. Opoitsev, V. I. Equilibrium and stability in models of collective behavior. / Opoitsev V. I., 1977. – 420 p.
14. Leontiev V. Theoretical assumptions and nonobservable facts / V. Leontiev USA: „Economy, ideology, politics” , 1972. – 15 p.
15. Fagin, R. Efficient similarity search and classification via rank aggregation./ Fagin, R., Kumar, R., Sivakumar, D. Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD international conference on Management of data – SIGMOD '03. Association for Computing Machinery (ACM), 2003. – 301 p.
16. Rüttimann, B. Introduction to Modern Manufacturing Theory. / Rüttimann, B. Springer International Publishing AG, 2018. – 149 p.
17. Rüttimann, B., Stockli, M. Going beyond triviality: The Toyota production system – lean manufacturing beyond Muda and Kaizen. J. Serv. Sci. Manag, 2016. – 140–149 pp.
18. Nersessian, N. J., & Chandrasekharan, S. Hybrid analogies in conceptual innovation in science. / Nersessian, N. J., & Chandrasekharan, S. Cognitive Systems Research, 2009. 178–188 pp.



19. Murayama. T, Optimal aggregation of noisy observations / T. Murayama, P. Devis Journal of Physics: Conference Series, Volume 233, Number 1, NY, 2003. – 301–312 pp.
20. Tsybakov B, Optimal Rates of Aggregation / B. Tsybakov Statistical Learning Theory and Stochastic Optimization. Ecole d’Et’e de Probabilit’es de Saint–Flour 2001, Lecture Notes in Mathematics, Springer, NY, 2001. – 54–69 pp.
21. Weijia D, Optimal Aggregation of Consumer Ratings / D. Weijia , Z. Ginger, L Jungmin NBER Working Paper No. 18567. – 12–23 pp.
22. Xinxin L, Self–Selection and Information Role of Online Product Reviews / L. Xinxin Information Systems Research. – 56–64 pp.
23. McDonald’s M. Strategic planning of the marketing – St.Petersburg.: Publishing House. «Piter», 2000. – 320 p.
24. Krishnamachari, L. The impact of data aggregation in wireless sensor networks. / Krishnamachari, L., Estrin, D., & Wicker, S. In Proceedings 22nd international conference on distributed computing systems workshops, 2002. – 575–578 pp.
25. Lu, Z., Wen, Y., Fan, R., Tan, S. L., & Biswas, J. (2013). Toward efficient distributed algorithms for in–network binary operator tree placement in wireless sensor networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2013. – 743–755 pp.
26. Yang, H. The credit strategy of a green supply chain based on capital constraints. / Yang, H., Miao, L., & Zhao, C. Journal of cleaner production 2019, 930–939 pp.
27. Соколов Н.В. Методология процессов оптимизации управления производством. / Монография. М. Изд. «Архитектура С», 2011 г. – 185 с.
28. Тарасенко А.В. Принцип оптимальности Беллмана в задачах оптимального распределения средств между предприятиями на расширение производства. / Тарасенко А.В., Егорова И.П. Вестник университета, 2019. – 132–138 с.
29. Харченко В. А. Сутність системи управління розвитком промислового підприємства [Електронний ресурс] / В. А. Харченко Економіка промисловості, 2013. – 100–110 с. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/econpr\\_2013\\_4\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/econpr_2013_4_10).

30. Оптимизация производственных процессов предприятия. [Электронный ресурс] / Arprime. 2018. – Режим доступа: <http://arprime.ru/optimizacia/proizvodstvennyye-protsessy-predpriyatiya>.

31. Казённов А. Современные методы оптимизации и улучшения бизнес-процессов. [Электронный ресурс] / IT World. 2019. Режим доступа: <https://www.it-world.ru/cionews/want/145685.html>.

32. Баланович А. М. Теоретико-методичні засади формування стратегій розвитку підприємства / А. М. Баланович Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки», 2014. – Випуск 8 (2). 77 – 81 с.

33. Лепейко Т. І. Теоретичні засади розробки стратегії розвитку підприємства на основі ринкових тенденцій / Т. І. Лепейко, А. М. Баланович Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ. Економічна серія, 2014. 305–318 с.

34. Nan Hu, Jie Zhang, Paul A. Pavlou. Overcoming the J-shaped distribution of product reviews. / Nan Hu, Jie Zhang, Paul A. Pavlou Publication: Communications of the ACM, 2009. – 456–474 pp.

35. Minqing Hu, Mining and summarizing customer reviews. / Minqing Hu, Bing Liu, Publication: KDD '04: Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, 2004. – 168–177 pp.

36. Kelly, K. New Rules for the New Economy. 10 radical strategies for a connected world / K. Kelly. – Viking Penguin, 1998. – 179 p.

37. Koltchinskii V. Optimal Aggregation of Classifiers and Boosting Maps in Functional Magnetic Resonance Imaging. / Vladimir Koltchinskii, Manel Mart'inez-Ramon, Stefan Posse Advances in Neural Information Processing Systems 17, 2004.

38. Оптимизация бизнес-процессов: методы, инструменты, пошаговое руководство с примерами. [Электронный ресурс] / Cleverence. 2019. Режим доступа:

<https://www.cleverence.ru/articles/biznes/optimizatsiya-biznes-protsessov-metody-instrumenty-poshagovoe-rukovodstvo-s-primerami/>

39. Оптимизация производства: методы, проблемы, этапы. [Электронный ресурс] / 2020. Режим доступа: <https://www.gd.ru/articles/9326-optimizatsiya-proizvodstva>

40. Казённов А. Современные методы оптимизации и улучшения бизнес-процессов. [Электронный ресурс] / Казённов А., 2019. Режим доступа: <https://www.it-world.ru/cionews/want/145685.html>

41. Медницкий В.Г. Анализ экономической эффективности с помощью оптимизационных моделей / Медницкий В.Г. Экономика и математические методы, 1996. – 104 – 116 с.

## Додатки

Додаток А  
(обов'язковий)  
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри КСУ ВНТУ,

д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_ В.М. Дубовой

“ 15 ” травня 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи

Розробка комплексу програм оптимального управління проектами розвитку для малих і середніх бізнесів. Частина 2. Проект оптимального розвитку підприємства з урахуванням кредитів

08–01.БКР.017.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

д.т.н., проф. кафедри КСУ

Т.М. Боровська

“ 15 ” травня 2020 р.

Виконавець: ст. гр. КІВ–166

О.І. Демчуков

“ 15 ” травня 2020 р.

Вінниця 2020

## 1. Назва та галузь застосування

1.1. Назва – Розробка комплексу програм оптимального управління проектами розвитку для малих і середніх бізнесів. Частина 2. Проект оптимального розвитку підприємства з урахуванням кредитів

1.2. Галузь застосування – Комп’ютерні системи управління.

## 2. Підстава для проведення розробки.

Тема бакалаврської дипломної роботи затверджена наказом по ВНТУ № 75 від 06. 03. 2020р.

## 3. Мета та призначення розробки.

Метою бакалаврської дипломної роботи є отримання на імітаційній моделі з новим модулем оптимізації розподілу кредитів.

## 4. Джерела розробки.

Бакалаврська дипломна робота виконується вперше. В ході проведення розробки повинні використовуватись такі документи:

1. Боровська Т. М. Метод оптимального агрегування в оптимізаційних задачах: монографія / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009.–229 с.– ISBN 978–966–641–285–3.
2. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння: монографія / [Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов]; за заг. ред. Т. М. Боровської. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 255 с. – ISBN 978–966–641–312–6.
3. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація у менеджменті: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2009. – 145 с. – ISBN 978–966–641–287–7.
4. Боровська Т. М. Моделювання задач управління інвестиціями: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Боровська Т.М, Северілов В.А, Бадьора С.П., Колесник І.С.: М–во освіти і науки України. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с. – ISBN 978–966–641–311–9.
5. Боровська Т. М. Основи теорії управління та дослідження операцій: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т. М. Боровська, І.С. Колесник, В.А. Северілов: М–во освіти і науки України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 242 с. – ISBN 978–966–641–275–4.

6. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація систем автоматичного управління: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, В. А. Северілов. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с.– ISBN 978–966–641–319–5.

## 5. Вимоги до розробки.

### 5.1. Перелік головних функцій:

- Введення і аналіз даних – параметрів виробничої системи (ВС) та функцій виробництва і розвитку елементів ВС;
- прогнозування стану виробничої системи і ринків;
- визначення оптимального управління поточним і кінцевим станом;
- визначення оптимального управління розподілу кредитів за напрямками: виробництво, розвиток та підсистеми всіх рівнів.

### 5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

#### 5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

- WINDOWS 7\8\10;
- MATCAD 15.0.

#### 5.2.2. Умови експлуатації системи:

- робота на стандартних ПЕОМ в приміщеннях зі стандартними умовами;
- можливість цілодобового функціонування системи;
- текст програмного забезпечення системи є цілком закритим.

## 6. Стадії та етапи розробки.

### 6.1 Пояснювальна записка:

- Розробка системи моделей оптимального управління виробництвом з урахуванням кредитів «08» травня 2020 р.
- Розробка модулів вводу параметрів задачі і виводу результатів моделювання, результатів оптимального агрегування «14» травня 2020 р.
- Розробка узагальненої робочої моделі динаміки багатопродуктової системи з урахуванням кредитів «20» травня 2020 р.
- Розробка програмного забезпечення системи «22» травня 2020 р.

### 6.2 Графічні матеріали:

- Аналіз альтернативних стратегій кредитування і повернення кредитів «28» травня 2020 р.
- Аналіз графіків функції «Виробництво, розвиток» інтегрованих систем «28» травня 2020 р.
- Тестування програмного забезпечення «01» червня 2020 р.

## 7. Порядок контролю і приймання.

- 7.1. Хід виконання роботи контролюється керівником роботи. Рубіжний контроль провести до «5» червня 2020 р.
- 7.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист бакалаврської дипломної роботи провести до «8» червня 2020 р.
- 7.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання роботи приймається на засіданні ЕК. Захист бакалаврської дипломної роботи провести до «17» червня 2020 р.



Додаток Б  
(обов'язковий)

Лістинг програми

```

for k ∈ 1..Kh1 + 1
  t ← Δt·(k - 1)
  maHm ← 0
  xs ← (xIk - xповk)
  for q ∈ 1..sitkr
    Xkr ← Δkr·(q - 1)
    xv ← xs + Xkr
    for i ∈ 1..Sit + 1
      uu ← (i - 1)·Δu
      борзS ← Xkr·[ 1 + pr·(T - t) ]
      fH1 ← F(xv·uu)·(T - t + prcv)
      fHm ← fH1 + (1 - uu)·xv - борзS
      ym ← maHm < fHm
      maHm ← maHm·(1 - ym) + fHm·ym
      ulop ← ulop·(1 - ym) + uu·ym
      xkrop ← xkrop·(1 - ym) + Xkr·ym
    uk+1 ← ulop
  xkrk+1 ← xkrop
  xповk+1 ← xповk +  $\frac{xkr_k [ 1 + pr·(T - t) ]}{T - t} · Δt$ 
  Okp ← xIk + xkrk+1 - xповk+1
  invk+1 ← Okp·uk+1
  xIk+1 ← xIk + F(invk+1)·Δt
  zIk+1 ← Okp·(1 - uk+1)
  sdox ← sdox + zIk+1·Δt
  взяли ← взяли + xkrk·Δt
  отдали ← отдали + xповk·Δt
  borgk+1 ← borgk - xповk·Δt
  vys ← (uk xIk zIk xkrk -xповk borgk invk)
  vyx(k) ← vysT
Vys ← (vyx sdox взяли отдали)
Vyx ← VysT

```

```

for k ∈ 1..Kh1 + 1
  t ← Δt·(k - 1)
  maHm ← 0
  xx ← xIk - xповk·0
  for q ∈ 1..sitkr
    Xkr ← Δkr·(q - 1)
    xv ← xx + Xkr
    for i ∈ 1..Sit + 1
      uu ← (i - 1)·Δu
      qq1 ← (Тпов - t)·γ·(Тпов - t > 0)
      qq2 ← (Тр - t)·(Тпов - t ≤ 0)
      борзH ← Xkr·[ 1 + pr·(qq1 + qq2) ]
      fH1 ← F(xv·uu)·[(Тр - t)β + prcv]
      fHm ← fH1 + xv·(1 - uu) - борзH
      ym ← maHm < fHm
      maHm ← maHm·(1 - ym) + fHm·ym
      uIop ← uIop·(1 - ym) + uu·ym
      xkrop ← xkrop·(1 - ym) + Xkr·ym
    uk+1 ← uIop
  xkrk+1 ← xkrop·(Тпов - t > 0)
  borgk+1 ← borgk·(1 + pr·Δt) + (xkrk+1 - xповk)·Δt
  Xsk+1 ← xIk + xkrk
  invk+1 ← Xsk+1·uk+1
  xIk+1 ← xIk + F(invk+1)·Δt
  tmpdoxk+1 ← Xsk·(1 - uk+1)
  xповk+1 ← tmpdoxk+1·(borgk > 0)
  zIk+1 ← tmpdoxk+1 - xповk+1
  sdox ← sdox + zIk+1·Δt
  взяли ← взяли + xkrk·Δt
  отдали ← отдали + xповk·Δt
  vys ← (uk xIk zIk xkrk -xповk borgk invk)
  vyx<k> ← (vys)T
Vys ← (vyx sdox взяли отдали)
Vyx ← (Vys)T

```

Додаток В  
(обов'язковий)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри КСУ  
д.т.н., проф. В.М. Дубовой

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПЕРЕЛІК  
ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

для захисту бакалаврської кваліфікаційної роботи  
на тему

**РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ПРОГРАМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ  
ПРОЕКТИ РОЗВИТКУ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ БІЗНЕСІВ. ЧАСТИНА 2.  
ПРОЕКТ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА З  
УРАХУВАННЯМ КРЕДИТІВ**

1. Вступ та постановка задачі.
2. Урахування кредитів в наближеній моделі функції Гамільтону.
3. Аналіз альтернативних стратегій кредитування і повернення кредитів.
4. Приклад багаторівневого оптимального однокрокового агрегування структури «Виробництво, розвиток».
5. Аналіз графіків функції «Виробництво, розвиток» інтегрованих систем.
6. Агрегування елементів «Виробництво, розвиток», графіки, програмний модуль.
7. Агрегування елементів «Виробництво, розвиток» в числах.
8. Агрегування елементів «Виробництво, розвиток». Формула і графіки.
9. Моделювання розвитку систем з різними стратегіями кредитування і повернення кредитів.
10. Узагальнена модель оптимального розвитку для «що буде якщо» аналізу.
11. Аналіз впливу ставки кредитів на оптимальний процес розвитку – приклад.
12. Аналіз розподілу ресурсів між підсистемами, контроль завантаження підсистем.

Розробив: Демчуков О.І.

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (дата)

Перевірив: Боровська Т.М.

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (дата)

Вінниця 2020

## 1. Вступ та постановка задачі.

**Функції розробки.** Програмні модулі повинні працювати на базі доступної інформації про потреби ринку – попиту і цін; продукти обчислювати - управлінням розподілу обмеженого ресурсу або управлінням розподілу випусків продукції при обмежених попитах на продукти виробничої системи.

**Мета роботи:** отримання імітаційної моделі з новим модулем оптимізації розподілу кредитів.

**Задачі дослідження:**

– розробка узагальненої робочої моделі динаміки багатопродуктової системи з урахуванням кредитів;

– розробка модулів вводу параметрів задачі і виводу результатів моделювання, результатів оптимального агрегування;

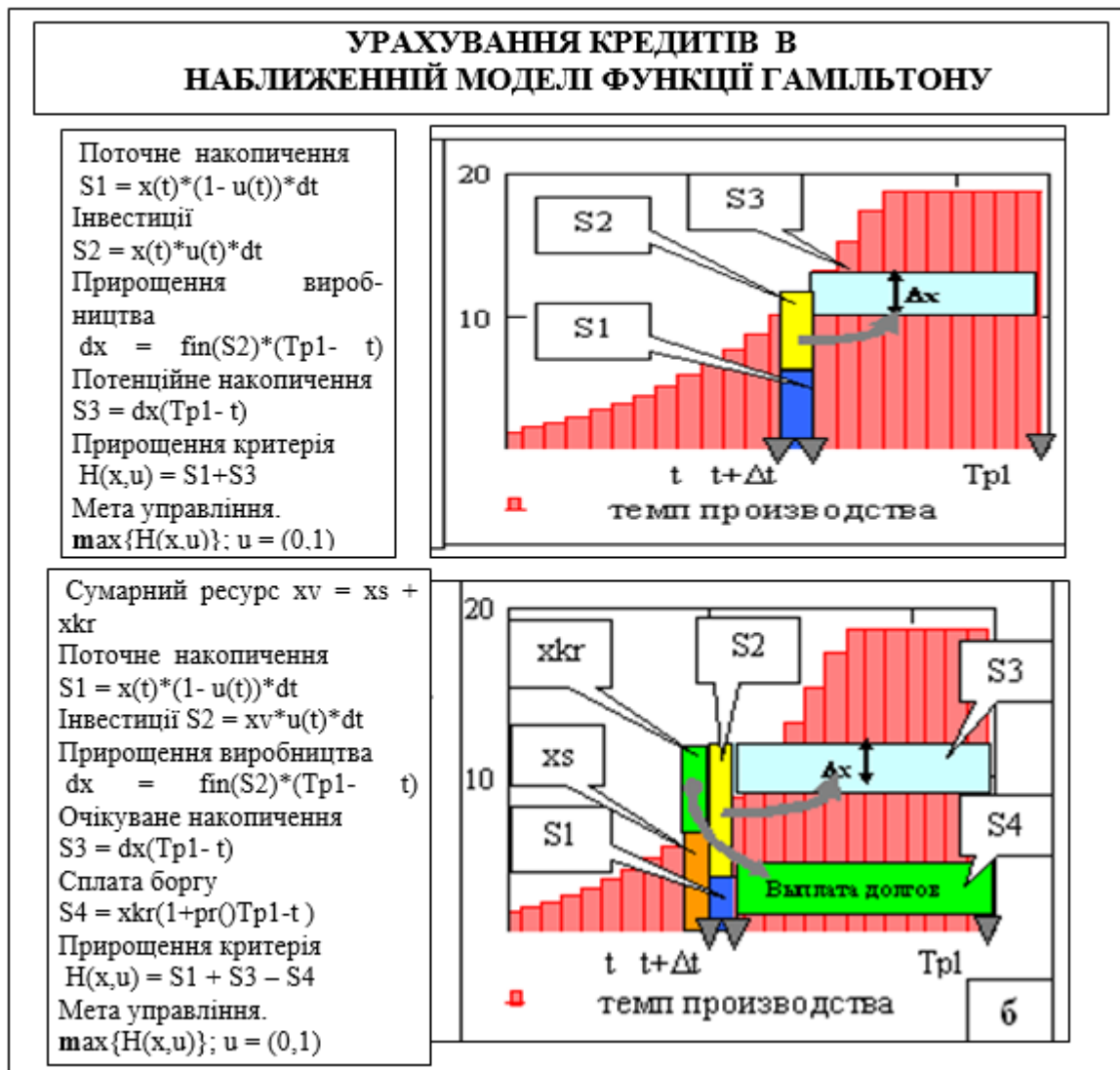
– розробка модуля введення параметрів математичних моделей функціонування окремих виробників і параметрів функцій попиту по альтернативних кредитних стратегіях.

**Об'єктом дослідження** є процеси функціонування і розвитку багатопродуктової виробничої системи.

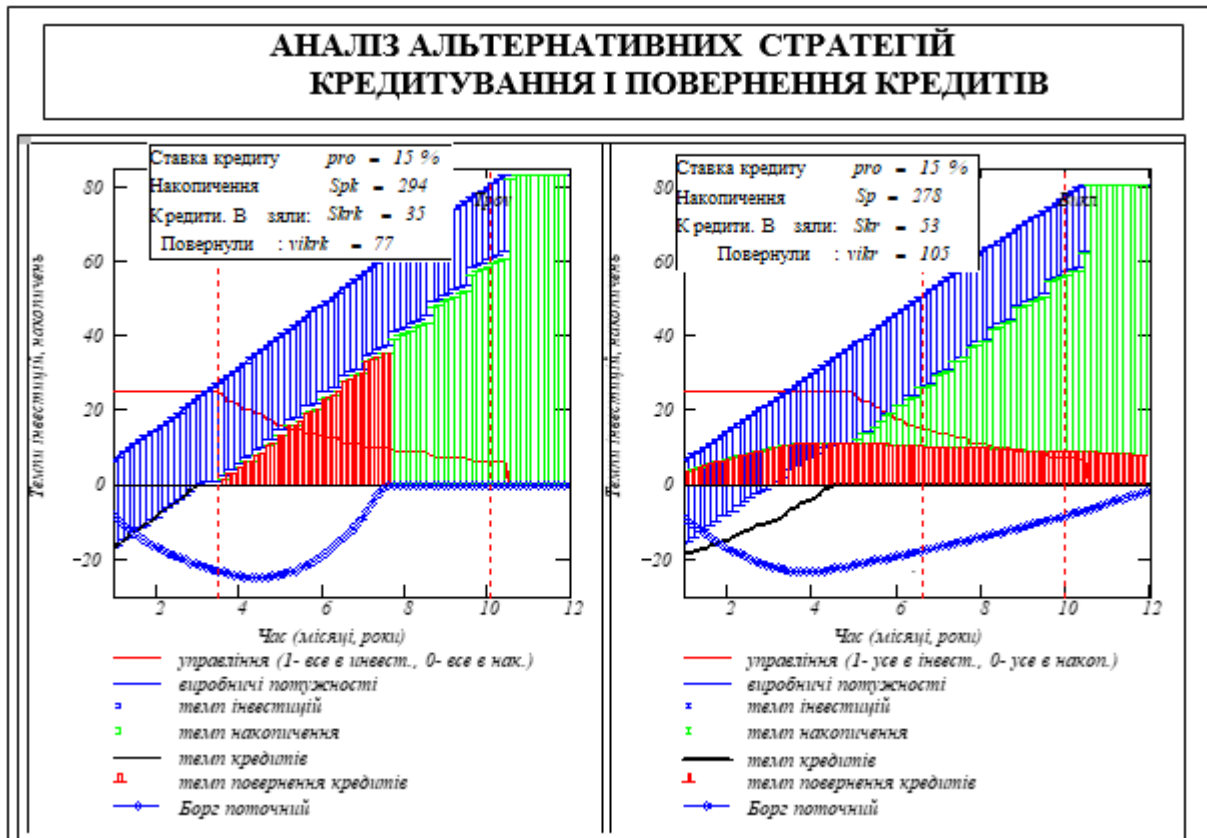
**Предметом дослідження** є методи оптимального управління функціонуванням і розвитком системи.

**Практичне значення** одержаних результатів. Теоретичні дослідження програмно реалізовані, а програмні модулі можуть переноситись в типові стандартні програмні платформи.

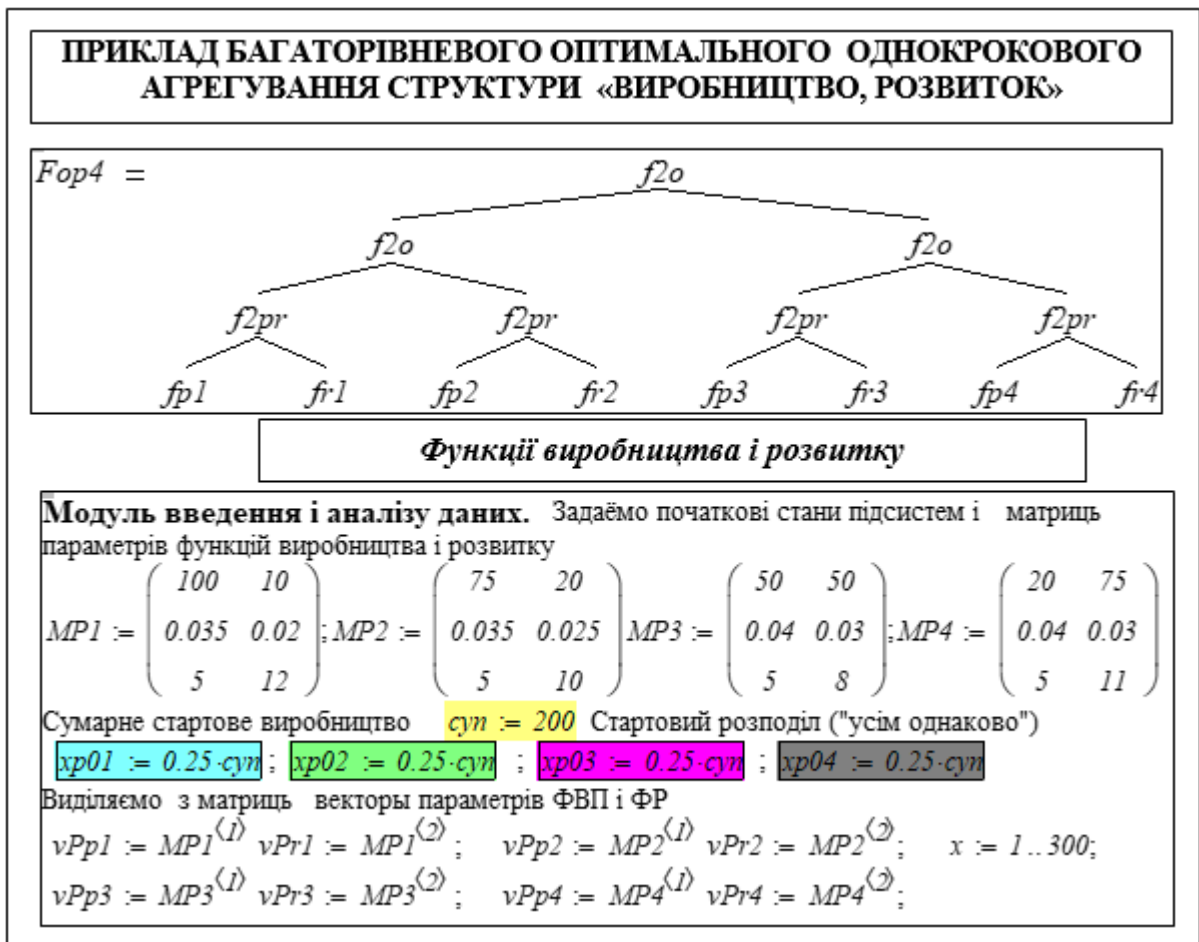
## 2. Урахування кредитів в наближеній моделі функції Гамільтону.



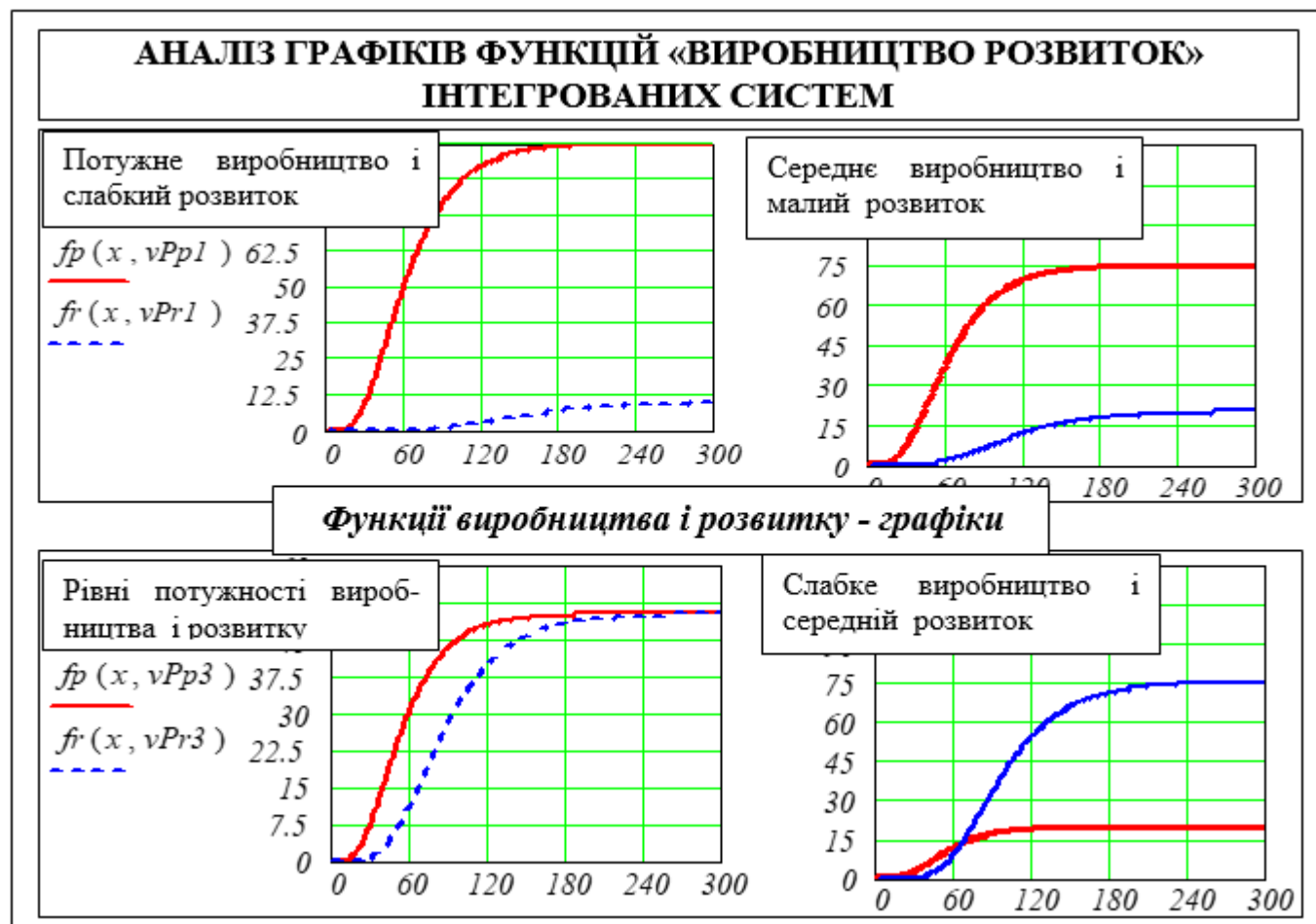
3. Аналіз альтернативних стратегій кредитування і повернення кредитів.



4. Приклад багаторівневого оптимального однокрокового агрегування структури «Виробництво, розвиток».

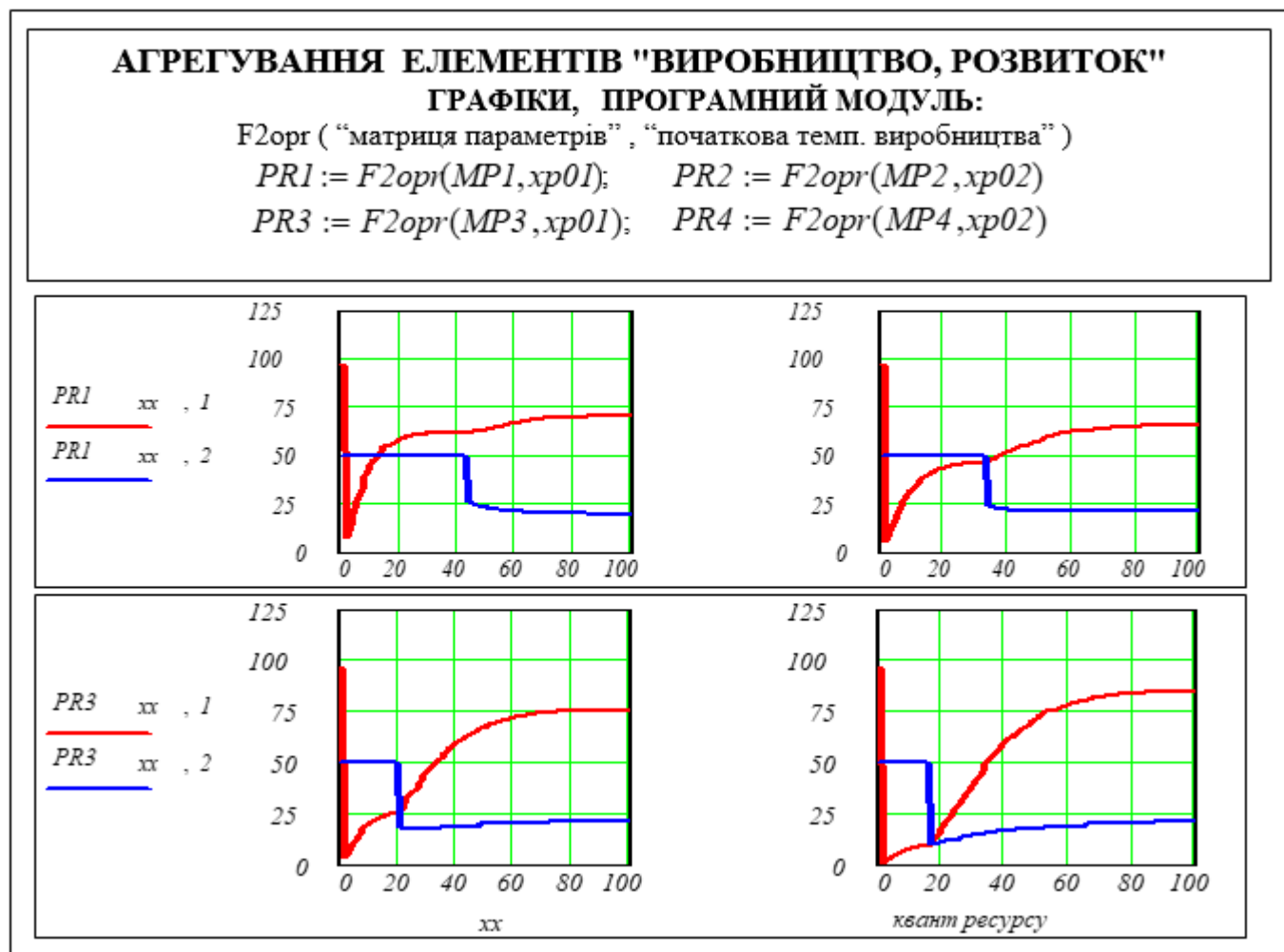


## 5. Аналіз графіків функції «Виробництво, розвиток» інтегрованих систем.





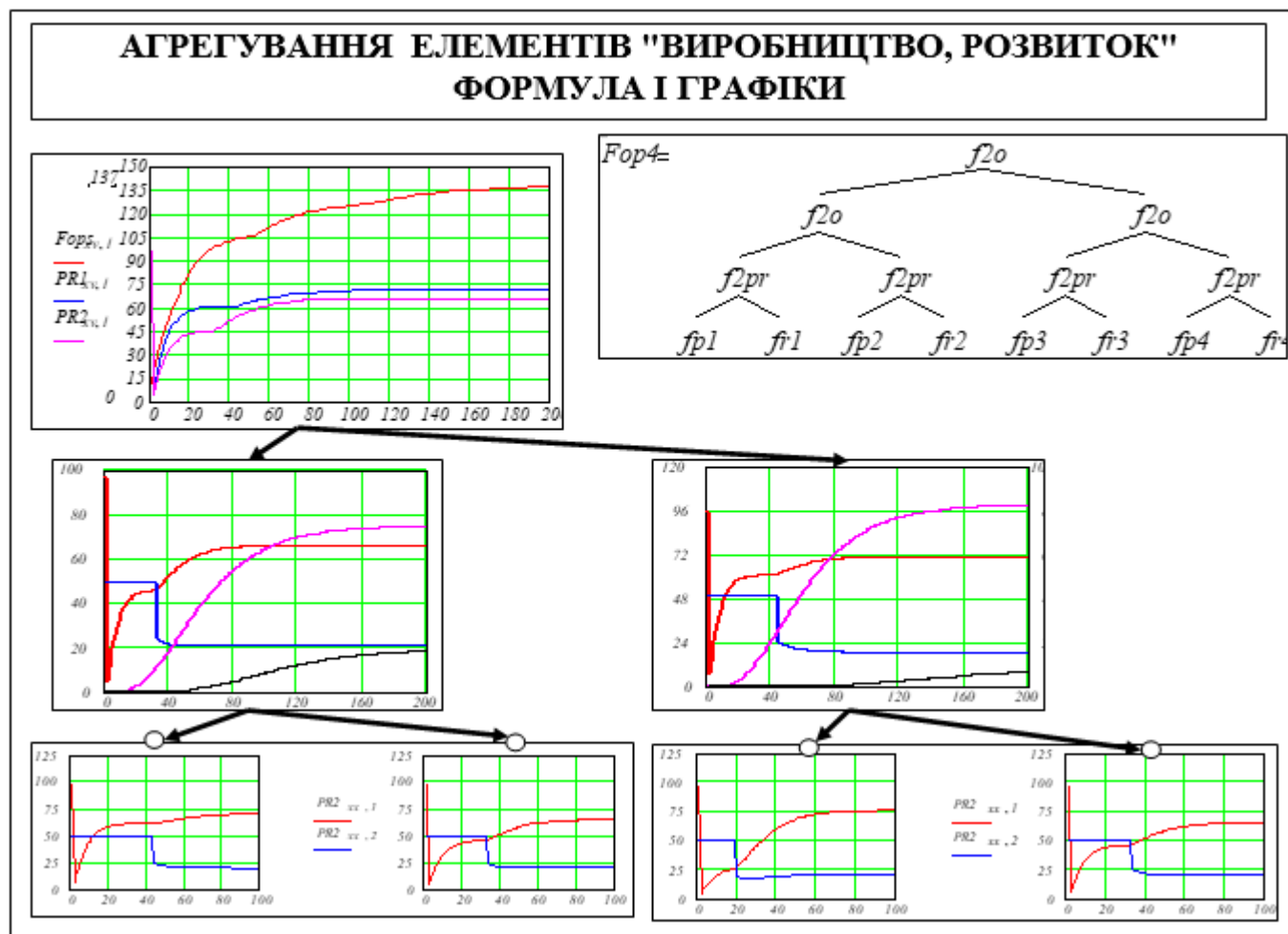
## 6. Агрегування елементів «Виробництво, розвиток», графіки, програмний модуль.



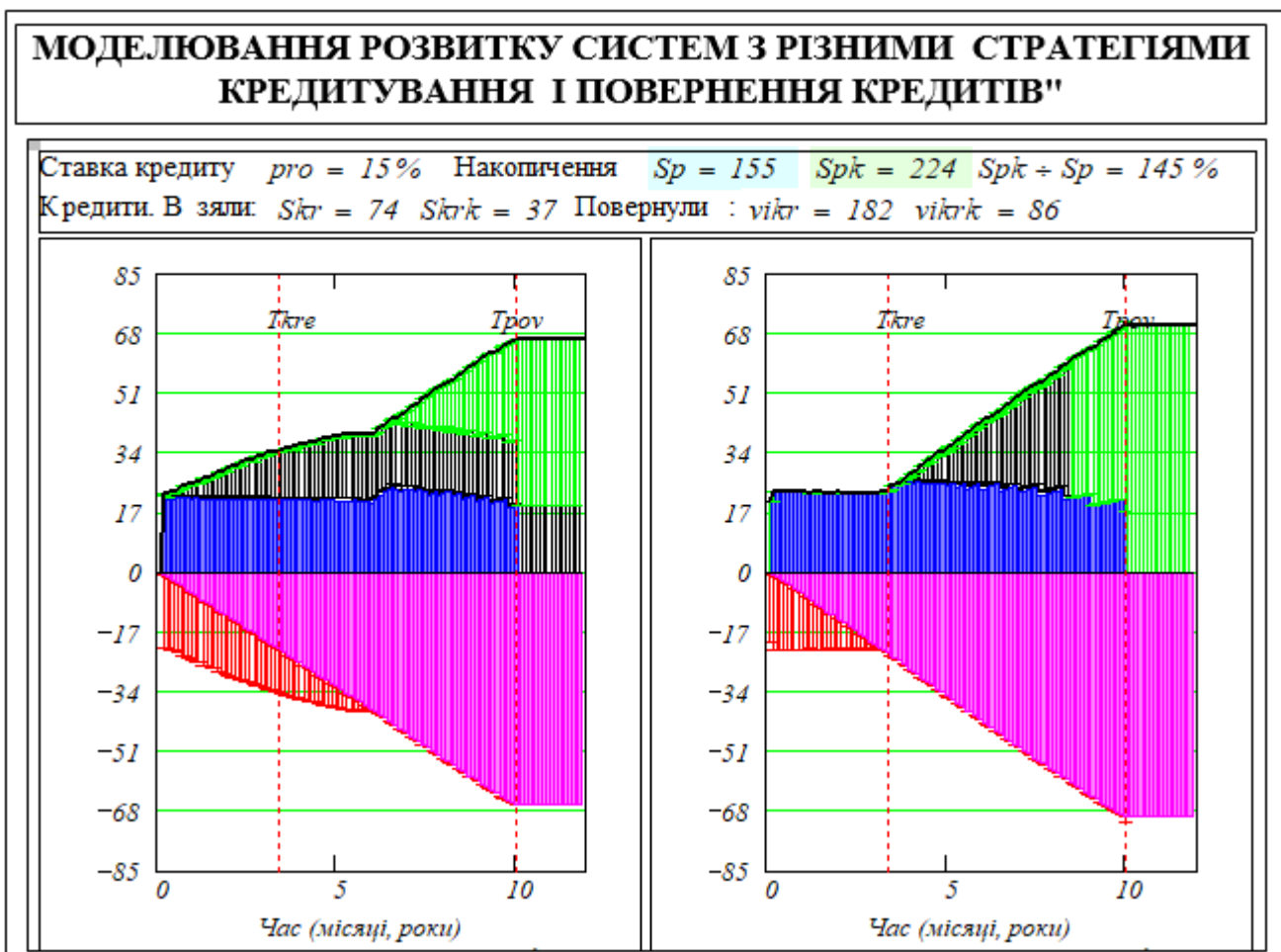
## 7. Агрегування елементів «Виробництво, розвиток» в числах.



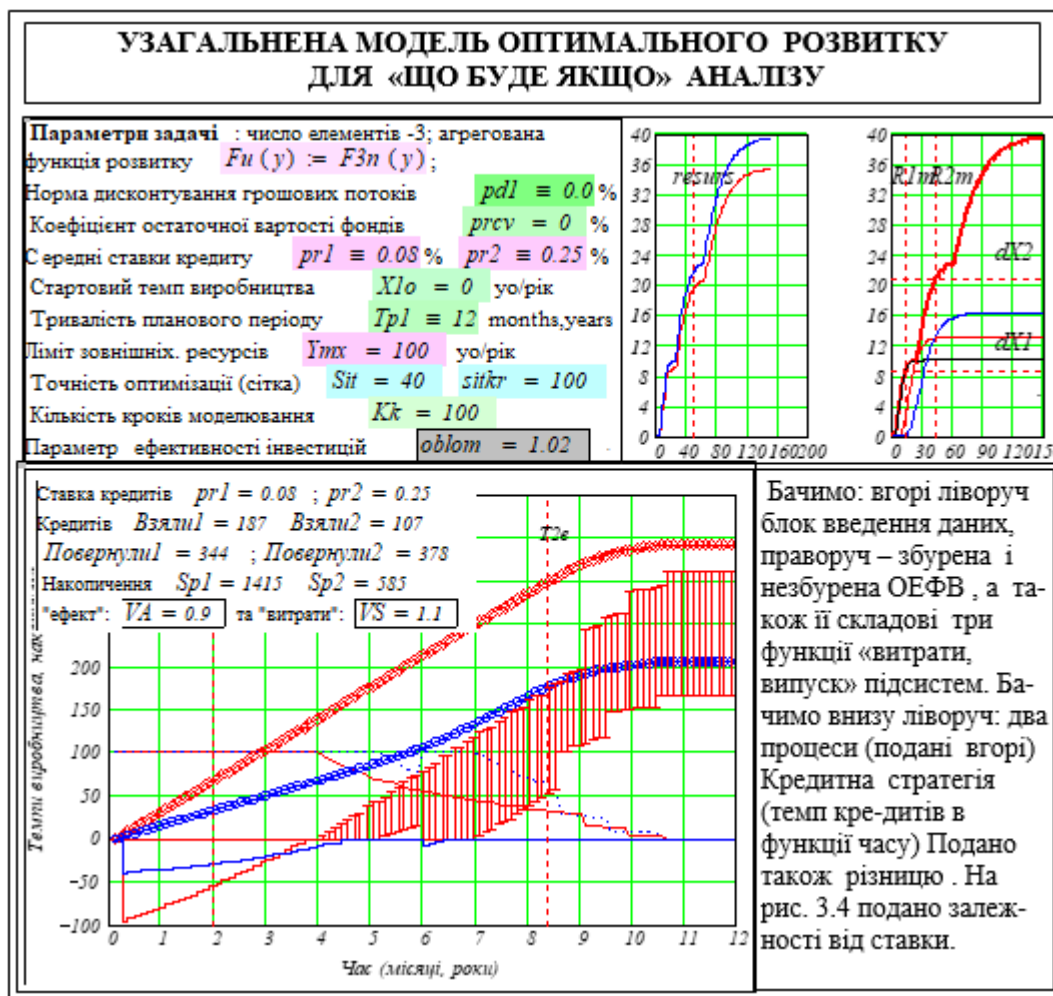
## 8. Агрегування елементів «Виробництво, розвиток». Формула і графіки.



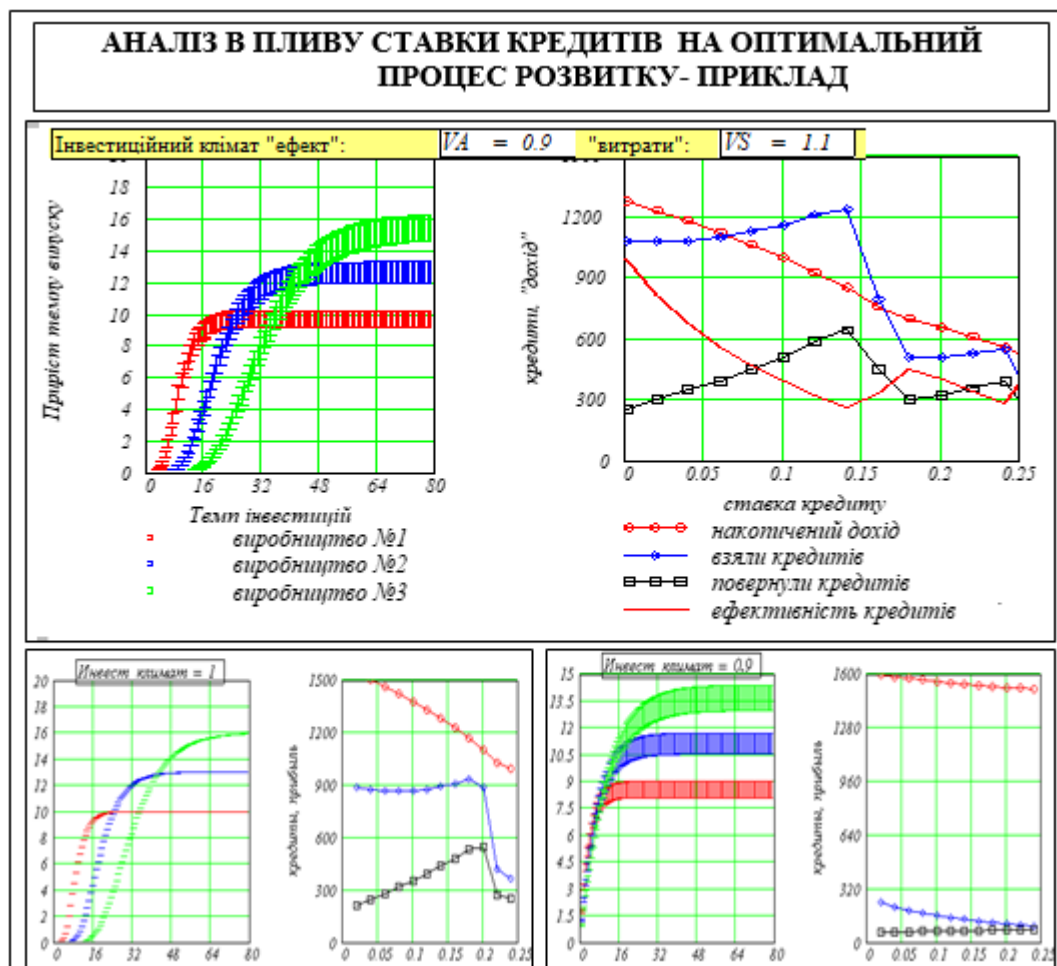
9. Моделювання розвитку систем з різними стратегіями кредитування і повернення кредитів.



## 10. Узагальнена модель оптимального розвитку для «що буде якщо» аналізу.



## 11. Аналіз впливу ставки кредитів на оптимальний процес розвитку – приклад.



## 12. Аналіз розподілу ресурсів між підсистемами, контроль завантаження підсистем.

