

Вінницький національний технічний університет
Кафедра комп'ютерних систем управління

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ БАГАТОПРОДУКТОВОГО
ВИРОБНИЦТВА З ПІДСИСТЕМОЮ «ОСВОЄННЯ»

Виконав: Гришин Д. І.

Керівник: проф. Штовба С. Д.

Консультант : проф. Боровська Т. М.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

МЕТА І ЗАДАЧІ ПРОЕКТУ. Метою роботи є підвищення ефективності управління процесами розвитку виробництва з урахуванням освоєння.

Задачами дослідження є:

- порівняльне дослідження аналогів – варіаційних задач оптимального розвитку «кредитні стратегії» і «цінові стратегії»;
- аналіз методів отримання точних і наближених стратегій розвитку;
- аналіз і модифікація оператора оптимального агрегування структур «виробництво, розвиток»;
- розробка і тестування програмних модулів;
- аналіз результатів оптимізації і моделювання.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування і розвитку виробничих систем з урахуванням освоєння виробництва.

Предметом дослідження є методи оптимального управління функціонуванням і розвитком виробничих систем за критерієм накопиченого прибутку виробництва за плановий період. .

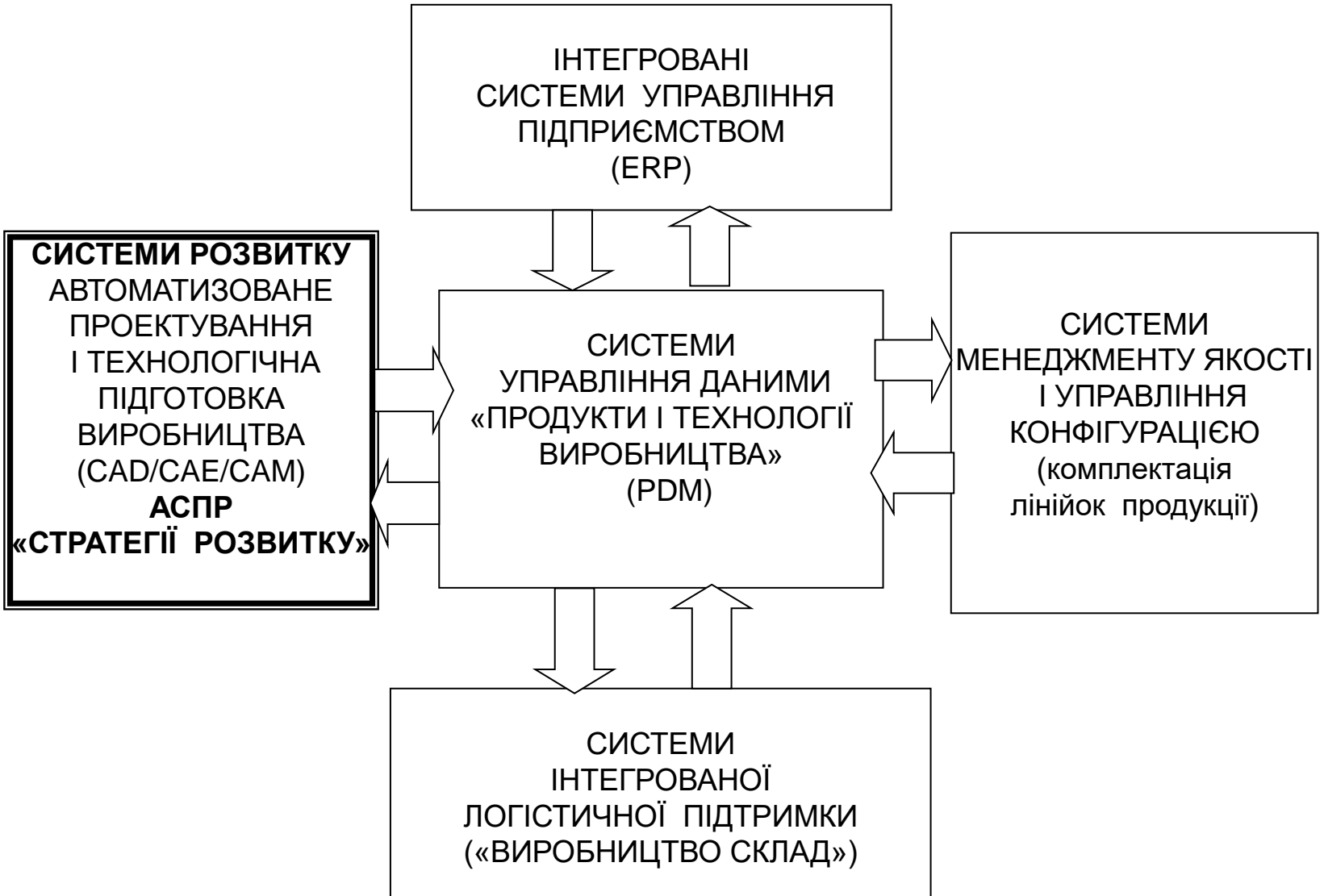
Методи дослідження: теорія оптимізації однокрокових і багато-крокових задач, методи принципу максимуму, динамічного програмування та оптимального агрегування.

Наукова новизна роботи:

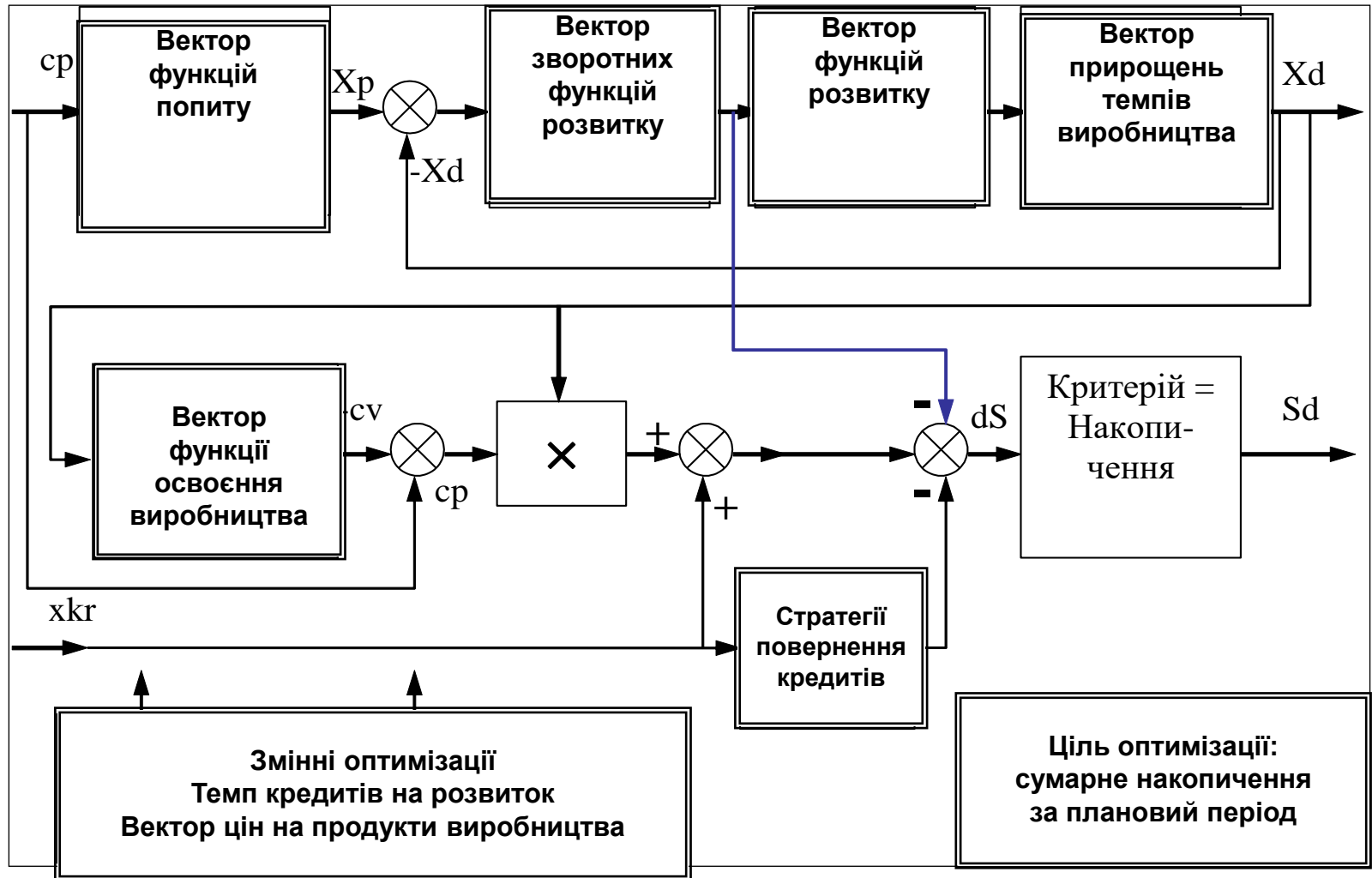
- покращена математична модель бінарного оператора оптимального агрегування структур «виробництво, розвиток» з урахуванням освоєння, що дозволило вибрати варіаційну задачу на базі оптимізацій розподілу ресурсів, а не оптимізації ціни продажу. Розробка дозволяє підвищити ефективність виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретичні дослідження програмно реалізовані, а програмні модулі можуть переноситись в типові стандартні програмні платформи. Розроблені алгоритми і програми будуть використані у проектах комплексної переробки різних видів продуктів та відходів агросектору.

ІНФОРМАЦІЙНА СТРУКТУРА ІНТЕГРОВАНОЇ АСУ «ВИРОБНИЦТВО РОЗВИТОК»



МОДИФІКАЦІЯ СХЕМИ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ ДЛЯ БАГАТОПРОДУКТОВОЇ СИСТЕМИ З ОСВОЄННЯМ



Означення: X_p – потрібний темп випуску продукції; X_d – дійсний темп випуску продукції; X_{kr} – потрібний темп зовнішніх ресурсів; S_d – поточне значення критерію; dS – прирощення критерію; $с_p$ – „ціна” одиниці виміру продукту; $с_v$ – собівартість” .

РОБОЧА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВАРІАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ «ОПТИМАЛЬНІ ЦІНОВІ СТРАТЕГІЇ»

$$\begin{aligned}
 cp_{t+1} &= Ops(t); \\
 xd_{t+1} &= Fdm(cp_t); \\
 Dxp &= Fin(y_t); \\
 xp_{t+1} &= xp_t + Dxp \cdot Dt; \\
 cv_{t+1} &= cv_t - (K1 \cdot xp_t + K2 \cdot Dxp) \cdot Dt; \\
 dox_{t+1} &= (cp_t - cv_t) \cdot xp_{t+1}; \\
 y_{t+1} &= FinO(xd_{t+1} - xp_{t+1}); \\
 prb_{t+1} &= dox_{t+1} - y_{t+1}; \\
 Sd_{t+1} &= Sd_t + prb_{t+1} \cdot Dt; \\
 Sxp_{t+1} &= Sxp_t + xp_{t+1} \cdot Dt,
 \end{aligned}$$

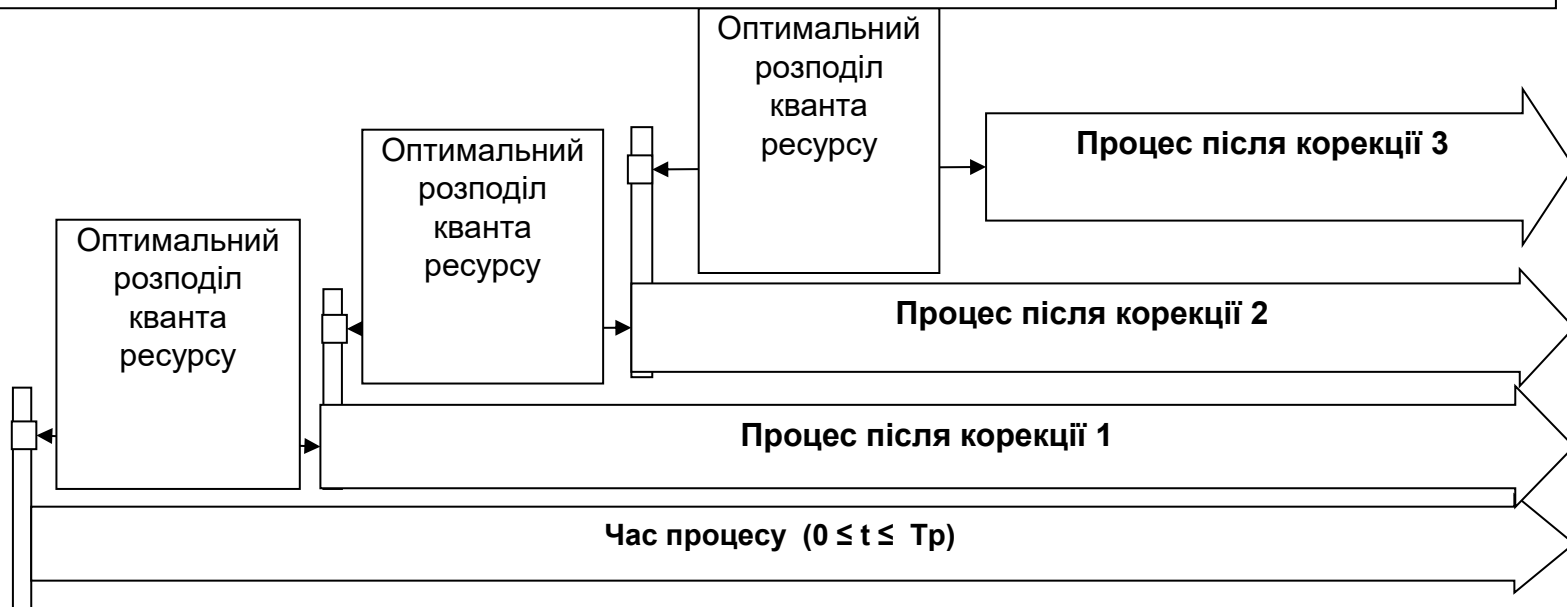
$x(t)$ – швидкість зміни (темп) виробничих потужностей, одиниць виміру продукції за одиницю часу; $y(t)$ – темп витрат на розвиток; τ – запізнення віддачі витрат на розвиток; $Fin(y)$ – монотонна додатня функція, що може бути випуклою, увігнутою, не мати неперервних похідних; ($fin(0) = 0$, $y > 0$, $fin(y) \geq 0$);

$Fdm(cp)$ – залежність попиту від ціни, звичайно монотонно зменшується;

$FinO(dxp)$ – функція зворотна до функції $Fin(y)$; Вектор управління розвитком виробництва: $u(t) = \begin{pmatrix} cp(t) \\ xkr(t) \end{pmatrix}$. Точний вираз для функції Гамільтона:

$$\begin{aligned}
 H(cv, cp) &= \psi_j \cdot \left[Fd(cp) \cdot (cp(t) - cv(t)) - K_{inv} \cdot \left(\frac{d}{dt} Fd(cp(t)) \right) \right] \dots \\
 &+ \psi_{cv} \cdot \left[v_v \cdot p_o^{K_o \cdot \ln(t)} \cdot \frac{K_o}{t} \cdot \ln(p_o) - \frac{v_p}{Fd(cp)^2} \cdot \frac{d}{dt} (Fd(cp)) \right].
 \end{aligned}$$

ПРОЕКТНЕ РІШЕННЯ «ДЕКОМПОЗИЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ»

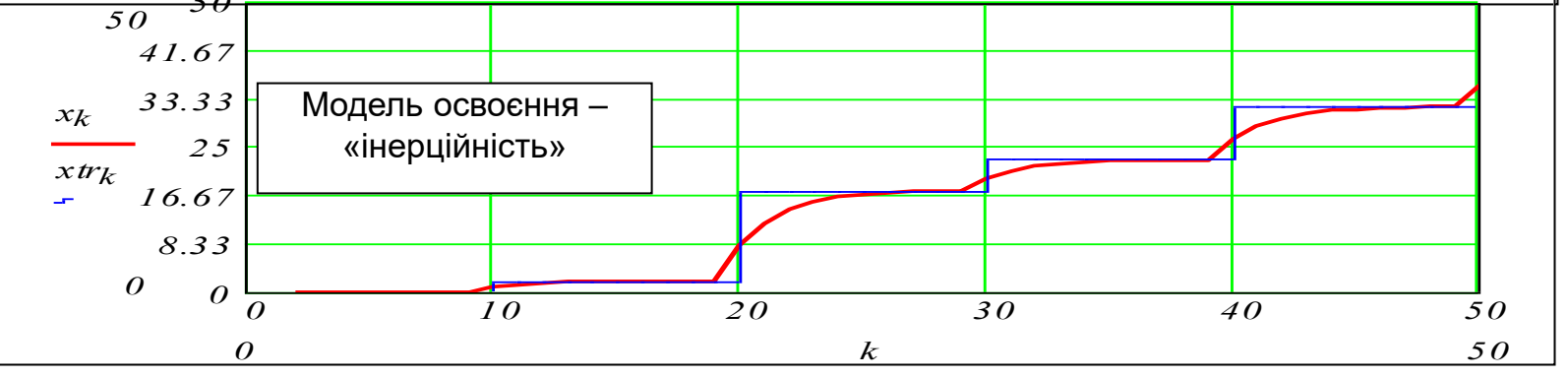
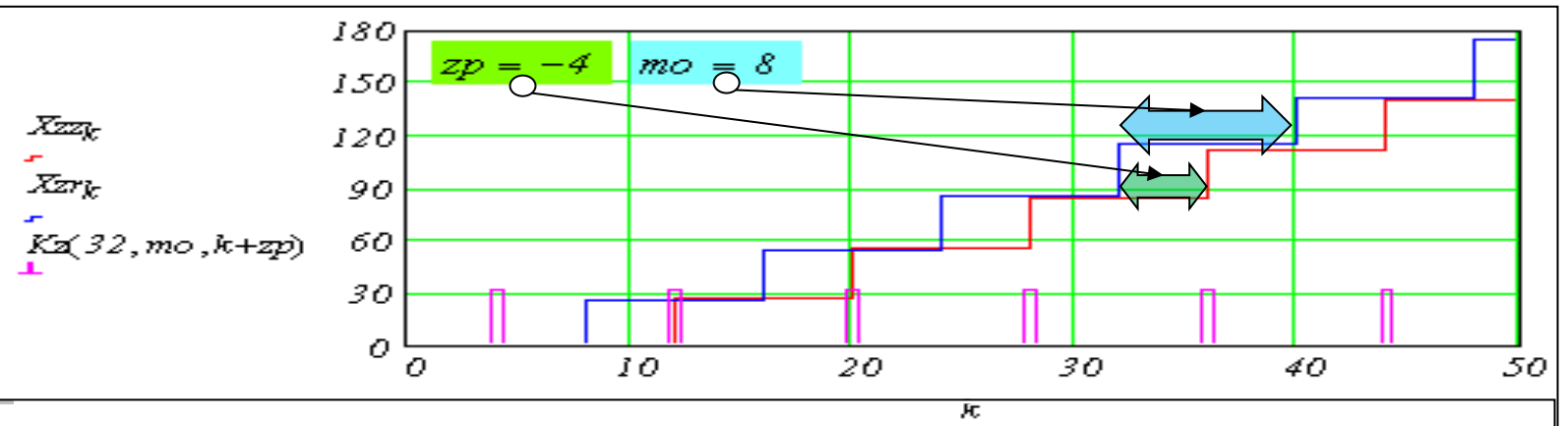
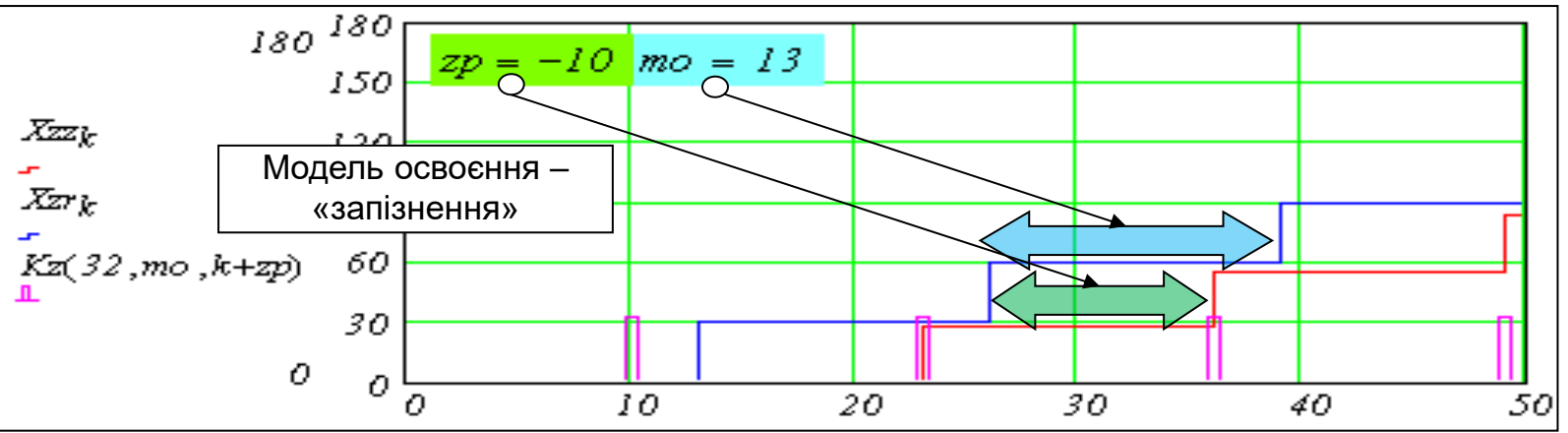


Порядок функціонування програмної системи:

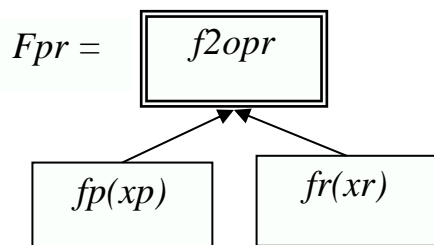
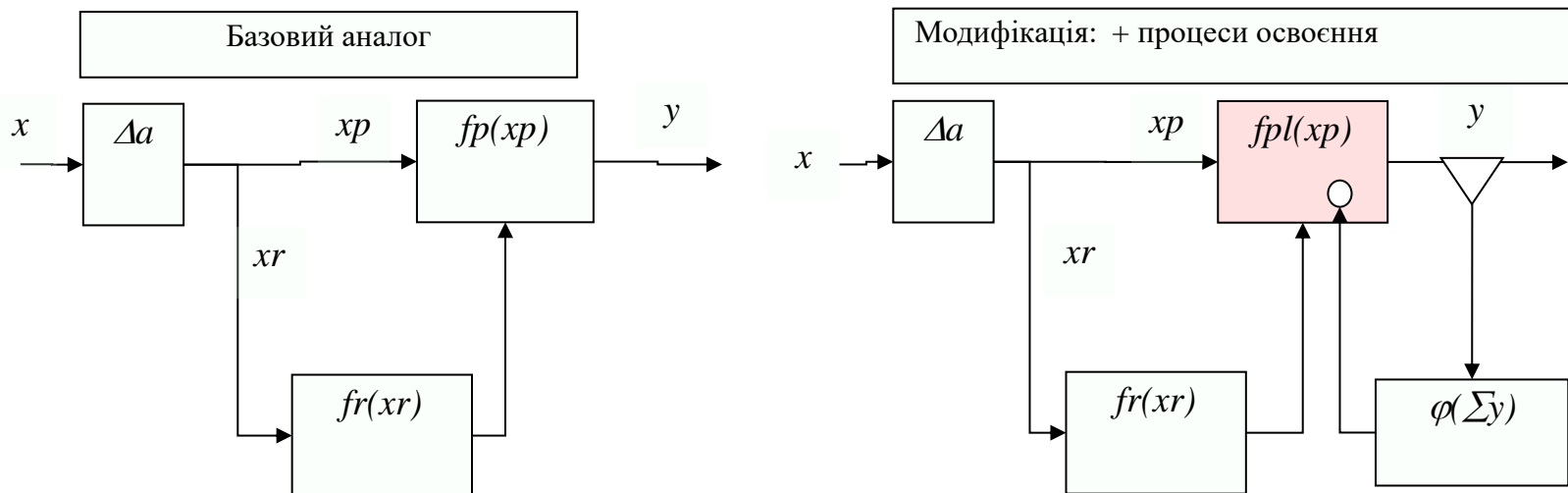
Процес розвитку розбивається на інтервали, на кожному з яких:

1. Виконується для заданих початкових умов оптимальне агрегування «виробництво, розвиток» – отримується ОЕФВ системи.
2. Вирішується варіаційна задача розвитку для інтервалу (великі стрілки на слайді), знаходиться точна або наближена функція Гамільтона змінна управління в якій $0 < \gamma < 1$ - пропорція розподілу між накопиченням (значення інтегрального критерію) і агрегованим «виробництвом-розвитком». Ця частка розподіляється оптимально між підсистемами «виробництво» і «розвиток» згідно ОЕФВ (пункт 1).
3. Формуються початкові умови для наступного інтервалу.

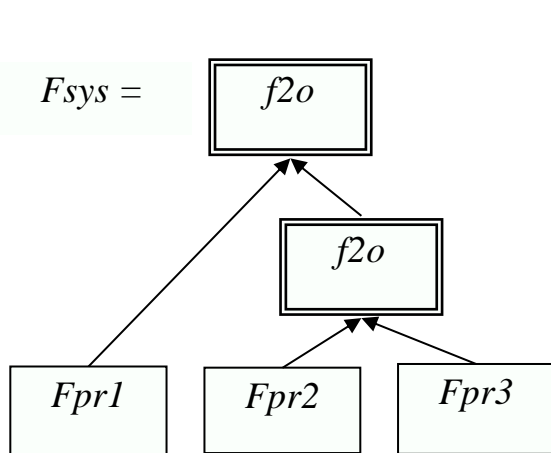
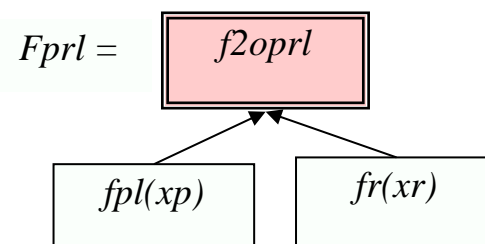
ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ОСВОЄННЯ



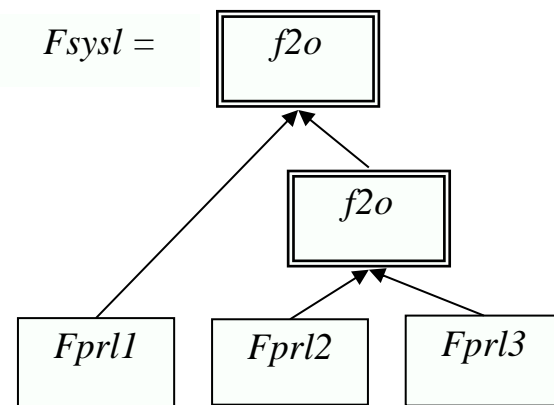
ОПТИМАЛЬНЕ АГРЕГУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ. МОДИФІКАЦІЯ БІНАРНОГО ОПЕРАТОРА «ВИРОБНИЦТВО РОЗВИТОК»



Оптимальне агрегування бінарних структур



Оптимальне агрегування багатопродуктових систем (приклад для 3-х підсистем)



«УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ВАРІАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗВИТКУ»

Структура "виробництво, розвиток" $fp(xp) = fc(xp, vPp(xr, vPp0)); fr(xr) = fc(xr, vPr)$ (3)

Параметричний зв'язок ФП с ФР: $vPp = VP2(\alpha, \Delta xs, vPp0, vPr)$ (4)

Стан системи "виробництво, розвиток" після витрачання кванту ресурсу Δxs :
 $xp = xp0 + \alpha \cdot \Delta xs; xr = (1 - \alpha) \cdot \Delta xs$. (5)

Відображення витрат розвитку в зміну виробничих потужностей

$$yr = fr(xr, vPr) \quad \text{--} \quad > \quad yr = fr((1 - \alpha) \cdot \Delta xs, vPr).$$

Темп виробництва після витрачання кванту ресурсу на розвиток і виробництво:

$$yp = fp(xp, vPp) = fp((xp0 + \alpha \cdot \Delta xs), (vPp0 + \delta vPp)). \quad (6)$$

Функція користувача новий темп випуску

$$yp(\Delta xs, \alpha) = fp((xp0 + \alpha \cdot \Delta xs), VP2(\alpha, \Delta xs, vPp0, vPr)),$$

Функція користувача "прирощення випуску":

$$\delta yp(\Delta xs, \alpha) = yp(\Delta xs, \alpha) - yp0 = yp(\Delta xs, \alpha) - fp(xp0, vP0). \quad (7)$$

Записуємо систему рівнянь динаміки для процесу оптимального розвитку

$$\Psi x_{k+1} = \Psi x_k + [-\Psi x_k \cdot u \cdot dfr(u_k \cdot x_k) - (1 - u_k)] \cdot \Delta t, \quad (8)$$

$$\Psi x_{k+1} = \Psi i(u_k, x_k, dfr(x_k), \Delta t), \quad (9)$$

$$H_k(x_k, u_k) = x_k \cdot (1 - u_k) + fr(x_k \cdot u_k) \cdot \Psi x(u_k, x_k, dfr, t), \quad (10)$$

$$H_0(x_k, u_k) = x_k \cdot (1 - u_k) + fr(x_k \cdot u_k, vP) \cdot (Tp - t), \quad (11)$$

$$u_{k+1} = M \max_u (H(x, u)), \quad (12)$$

$$x_{k+1} = x_k + fr(x_k \cdot u_{k+1}, vP) \cdot \Delta t, \quad (13)$$

$$z_{k+1} = x_{k+1} \cdot (1 - u_{k+1}), \quad (14)$$

$$sdox = sdox + z_{k+1}, \quad (15)$$

де $k = 1, \dots, N$ – номер кроку процесу; t – час; Δt – величина кроку дискретизації; x_k – поточне значення змінної стану; u_k – поточне управління – частка ресурсів для розвитку; z_{k+1} – темп накопичення; $\Psi x(t)$ – спряжена з $x(t)$ змінна; vP – вектор параметрів ФР; $fr(x_k, vP)$ – ФР; $M \max_u (\cdot)$ – функція користувача для знаходження u_k , такого що дає максимум функції Гамільтона; $H_k(x, u)$, $H_0(x, u)$ – альтернативи: точна і наближена функції Гамільтона.

ТЕСТУВАННЯ І ВИБІР МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ БІНАРНОГО ОПЕРАТОРА «ВИРОБНИЦТВО, РОЗВИТОК»

$$fprb1 := fpr(PR1) \quad fprb2 := fpr(PR2)$$

$$Fops := \begin{array}{c} f2o \\ \swarrow \quad \searrow \\ fprb1 \quad fprb2 \end{array}$$

$$Fops =$$

	1	2	3	4	5
1	8.69	0.01	0	1	0
2	15.28	0.75	0	0.25	0
3	21.37	0.84	0	0.17	0
4	26.92	0.88	0	0.13	0
5	31.9	0.9	0	0.1	0

$$Fopps(PR1, PR2) :=$$

$$\begin{array}{c} f2o \\ \swarrow \quad \searrow \\ fpr(PR1) \quad fpr(PR2) \end{array}$$

$$Fopps(PR1, PR2) =$$

	1	2	3	4	5
1	8.69	0.01	0	1	0
2	15.28	0.75	0	0.25	0
3	21.37	0.84	0	0.17	0
4	26.92	0.88	0	0.13	0
5	31.9	0.9	0	0.1	0

Параметризована функція, що є результатом виконання операції оптимального агрегування

$$Foppt(MP1, MP2) :=$$

$$\begin{array}{c} f2o \\ \swarrow \quad \searrow \\ fpr(PR_p(MP1)) \quad fpr(PR_p(MP2)) \end{array}$$

Вибраний варіант

$$Foppt(MP1, MP2) =$$

	1	2	3	4	5
1	8.69	0.01	0	1	0
2	15.28	0.75	0	0.25	0
3	21.37	0.84	0	0.17	0
4	26.92	0.88	0	0.13	0
5	31.9	0.9	0	0.1	0

Мрія вченого: отримати рішення оптимізаційної задачі як функцію первинних параметрів. Плата: версія 3 виконується на порядок довше, ніж версія 1

МОДУЛЬ «ПАРАМЕТРИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК» ФУНКЦІЇ РОЗВИТКУ З ФУНКЦІЄЮ ВИРОБНИЦТВА

 $MPo =$

	1	2
1	200	120
2	0.04	0.02
3	5	12

 $vPp0 := MPo^{\langle 1 \rangle}$
 $vPp0 =$

	1
1	200
2	0.04
3	5

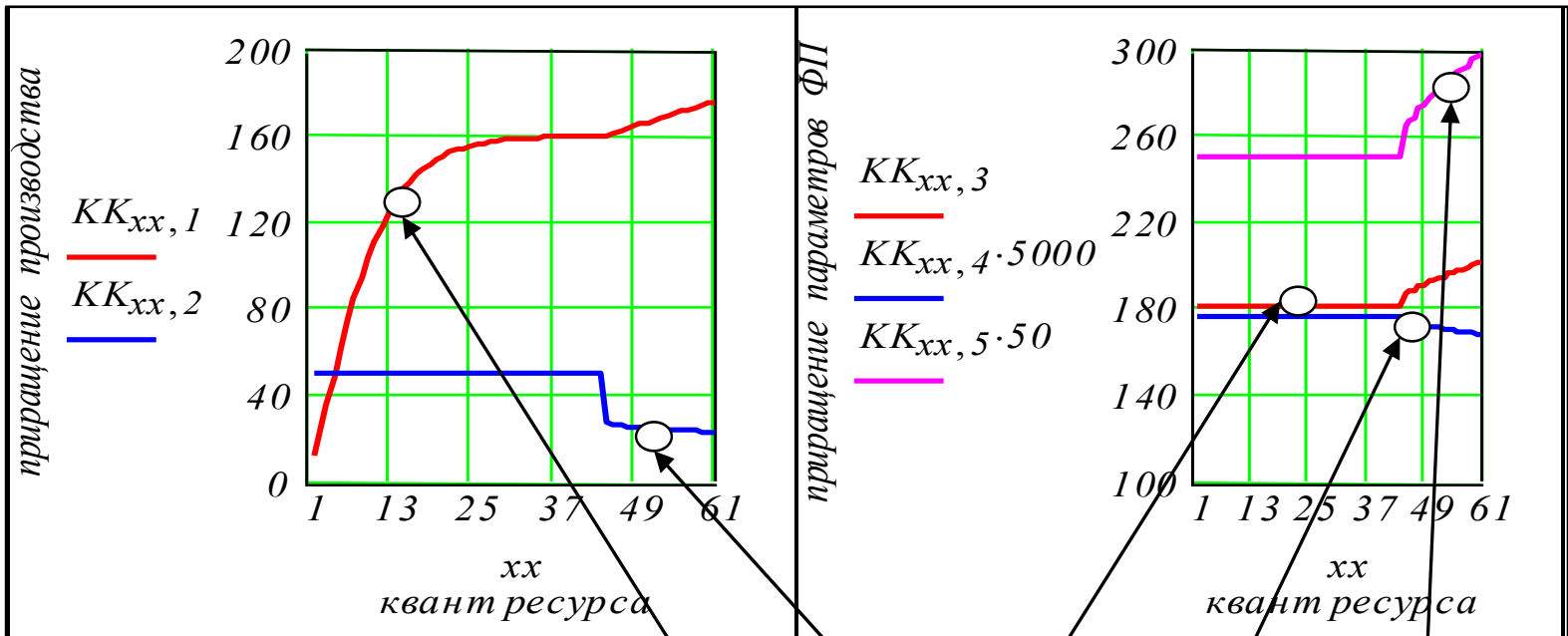
 $vPr := MPo^{\langle 2 \rangle}$
 $vPp0 =$

	1
1	200
2	0.04
3	5

$$VP2(\alpha, \Delta xs, vPp0) := \begin{bmatrix} fr[(1 - \alpha) \cdot \Delta xs, vPr] \cdot 1.1 + vPp0_1 \\ vPp0_2 \cdot [1 - 0.002 \cdot fr[(1 - \alpha) \cdot \Delta xs, vPr]] \\ vPp0_3 \cdot [[1 + 0.009 \cdot fr[(1 - \alpha) \cdot \Delta xs, vPr]]] \end{bmatrix}$$

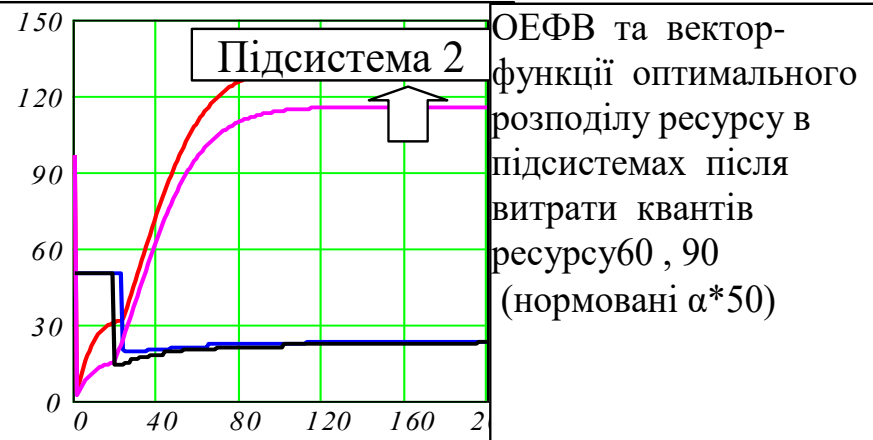
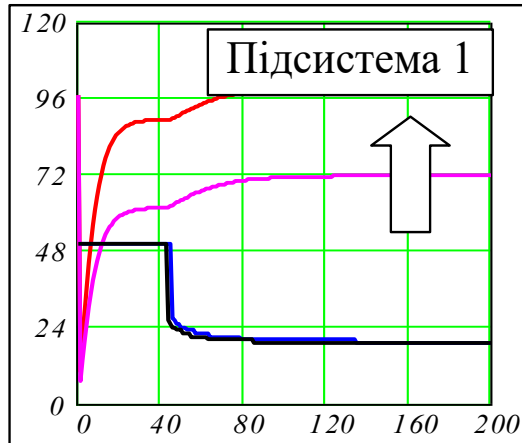
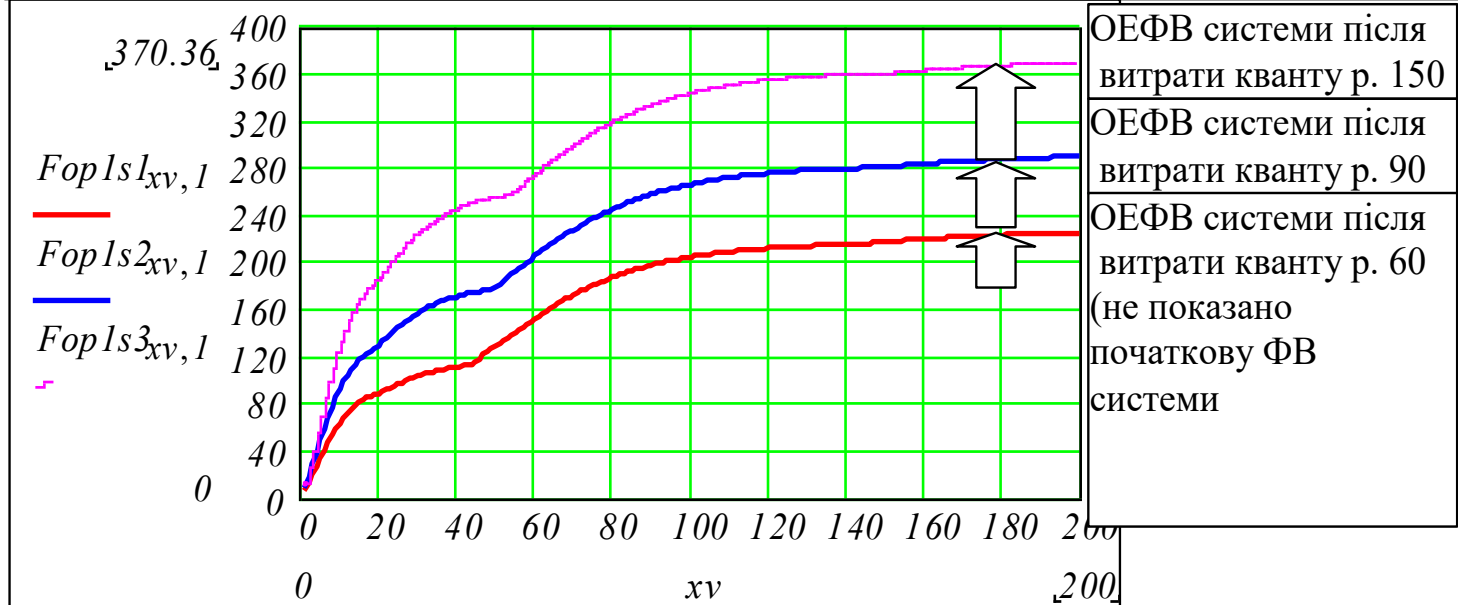
 $\delta yp(\Delta xs, \alpha, MPo, xp0) :=$
 $vPp0 \leftarrow MPo^{\langle 1 \rangle}$
 $vPr \leftarrow MPo^{\langle 2 \rangle}$
 $yp0 \leftarrow fp(xp0, vPp0)$
 $yr \leftarrow fr[(1 - \alpha) \cdot \Delta xs, vPr]$
 $vPp \leftarrow VP2(\alpha, \Delta xs, vPp0)$
 $yp \leftarrow fp[(xp0 + \alpha \cdot \Delta xs), vPp]$
 $Jpr \leftarrow yp - yp0$

АНАЛІЗ ОПЕРАНДА РЕЗУЛЬТАТУ АГРЕГУВАННЯ «ВИРОБНИЦТВО, РОЗВИТОК»



		1	2	3	4	5
$F2opr \left[\begin{pmatrix} 200 & 12 \\ 0.04 & 0.02 \\ 5 & 12 \end{pmatrix}, 30 \right] =$	52	169.13	25	204.52	0.04	5.2
	53	169.56	24	205.23	0.04	5.24
	54	169.99	24	205.46	0.04	5.25
	55	170.4	24	205.69	0.04	5.26
	56	170.8	23	206.38	0.04	5.29
$Fopr(MP, xp0)$		71.21	23	206.6	0.04	5.3
$Fopr(\text{матр.парам, стар_темп виро́б})$		71.59	23	206.82	0.04	5.31

ТЕСТУВАННЯ НОВОГО ОПЕРАТОРА «ПЕРЕХІД МІЖ ІНТЕРВАЛАМИ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ»



OEФВ та вектор-функції оптимального розподілу ресурсу в підсистемах після витрати квантів ресурсу 60, 90 (нормовані $\alpha \cdot 50$)

ВИСНОВКИ

Виконано аналіз задач і методів оптимального управління розвитком багатопродуктових виробничих систем.

Вибрано як обґрунтовані теоретично, обчислювально ефективні безпошукові методи оптимального агрегування для обчислення оптимальних стратегій розвитку. В переглянутих аналогах і прототипах задача оптимального розвитку з урахуванням процесів освоєння виробництва розглядається тільки для однопродуктових систем.

Проведено аналіз та порівняння існуючих методів рішення задачі оптимального розвитку. Показано необхідність будувати інтегровані моделі розвитку: на базі планових заміन технологій, обладнання, продуктів виробництва і на базі стохастичних, частково стихійних процесів освоєння.

Не знайдено розширених моделей освоєння, моделей оптимального розвитку з урахуванням освоєння для багатопродуктових виробничих систем, що свідчить про новизну поставлених в роботі задач, а велика кількість рецептурно-рекламних матеріалів з менеджменту розвитку і цінових стратегій свідчать про високу постійну актуальність теми роботи.

Виконано постановку задачі на базі методології оптимального агрегування.

Вибрано шлях реалізації системи оптимального управління розвитком за рахунок модифікації напрацьованих рішень: однопродуктової задачі «цінові стратегії», бінарного оператора оптимального агрегування структур «виробництво, розвиток»

Вдосконалено оператор оптимального агрегування структур «виробництво, розвиток» з урахуванням процесів освоєння виробництва.

Розроблено комплекс програмного забезпечення і виконано його тестування та проведення тестових досліджень.

Результати роботи будуть використовуватись в проектах високотехнологічної переробки продуктів агросектору.

Дякую за увагу!