

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСІВ МАШИН ТА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

Бурилко А.В., завідувач відділу

Міністерство аграрної політики України

В результаті проведеної роботи була одержана цільова функція цілісних математичних моделей, визначення структури комплексів машин технологічний процес вирощування і збирання сільськогосподарських культур у сівозміні, який дає можливість ефективно використовувати техніку з врахуванням отриманих строків виконання робіт.

Постановка проблеми. Обґрунтування набору техніки та її ефективне використання на сучасному рівні сільськогосподарського виробництва необхідно розглядати окремо для кожного господарства з його природно-кліматичними умовами у єдиному системному взаємозв'язку: набір культур – сівозміна – попередник – культура – технологія – технологічна операція – машина – енергетичний засіб – машинний агрегат – комплекс машин – парк машин.

Мета роботи – моделювання структури комплексів машин та машинно-тракторного парку конкретного господарства.

Виклад основного змісту досліджень. Комплекс машин є перехідною системою, або інакше підсистемою в ієрархічній структурі загальної системи землеробства. Формування комплексів машин залежить насамперед від визначених сівозміною системи технологічних операцій, а також від агротехнічних вимог операційних технологій (рис. 1).

Визначення раціональної площі вирощування сільськогосподарських культур, яка забезпечить ефективне використання комплексів машин також входить у завдання побудови математичної моделі (за даними проф. Крамарова В.С. [1] рекомендоване значення коефіцієнта використання комплексів машин повинно становити 0,7...0,9). Тому питання визначення складу комплексів машин і їх використання у структурі загального машинного парку має велике значення.

За розрахунками, [2] раціональна (мінімально необхідна) площа вирощування кожної сільськогосподарської культури в рослинництві повинна орієнтовно дорівнювати: в зоні Полісся – 130 га, Лісостепу – 150 га, Степу – 170 га.

Технологічний процес вирощування, збирання та переробки сільськогосподарських культур складається із основних, допоміжних і суміжних операцій.

Основні, допоміжні та суміжні операції технологічного процесу виконуються різними за складом машинно-тракторними агрегатами, які мають різну продуктивність. Тому тривалість виконання операцій залежить від складу агрегатів, їх кількості та продуктивності.

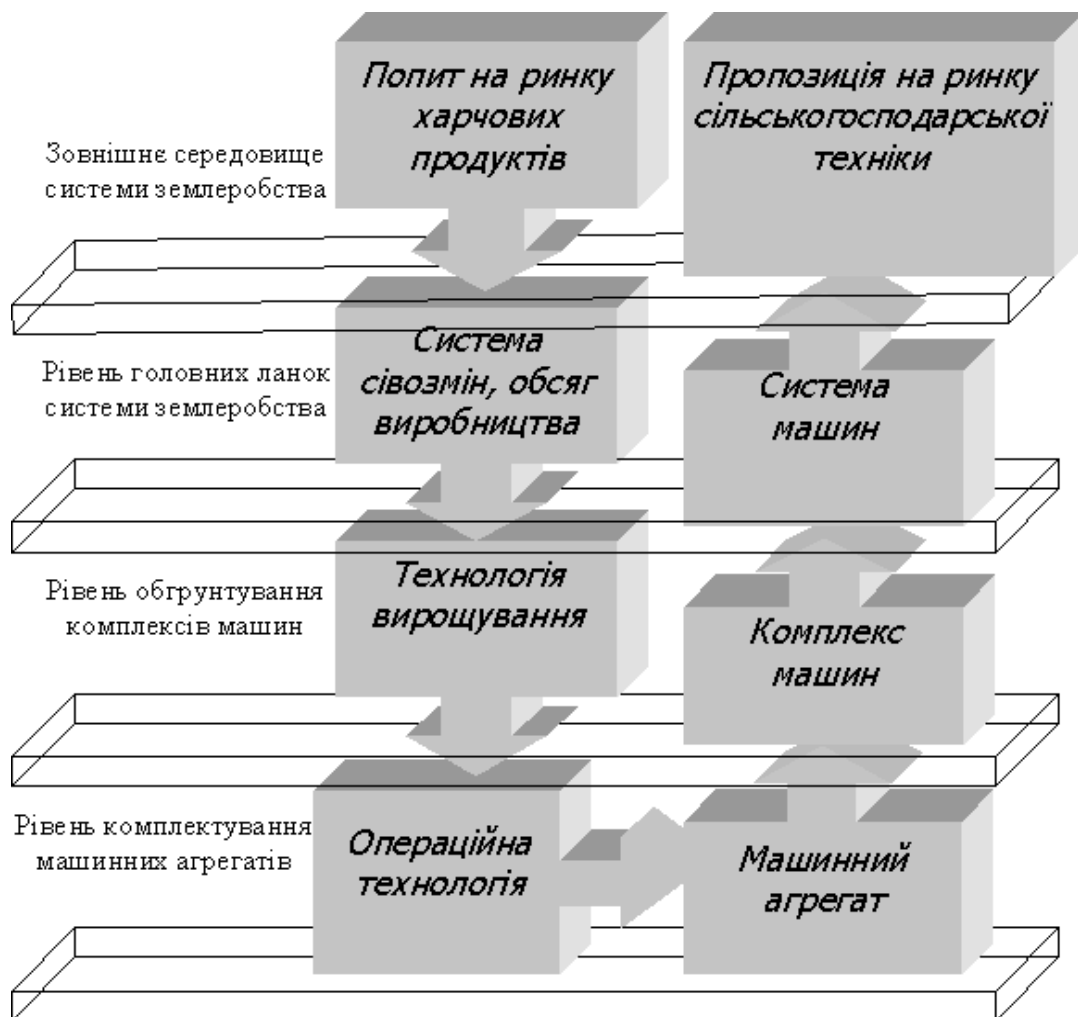


Рис. 1 – Причинно – наслідкова діаграма в розрізі ієрархії відношень „технологія → техніка”.

Основні операції циклу взаємозв’язаних робіт визначають тривалість виконання циклу.

Тривалість виконання основної операції циклу робіт визначається із залежності:

$$d_j^0 = \frac{S_k k^0}{W_{ij}^0 \cdot T_{cm} \cdot k_{cm} \cdot \text{int}\left(\frac{\varpi_j^0}{W_{ij}^0} + 1\right)} \leq d_{\text{доп}}, \quad (1)$$

а кількість агрегатів для виконання основної операції становитиме:

$$x_{ij}^0 = \text{int}\left(\frac{\varpi_j^0}{W_{ij}^0} + 1\right), \quad (2)$$

Тривалість виконання допоміжної операції повинна бути рівною тривалості виконання основної операції, тобто:

$$d_j^D = d_j^0, \quad (3)$$

тоді кількість агрегатів для виконання допоміжної операції становитиме:

$$x_{ij}^D = \text{int} \left(\frac{S_k \cdot k^0}{d_j^0 \cdot W_{ij}^D \cdot T_{zm} \cdot k_{zm}} + 1 \right), \quad (4)$$

Тривалість виконання суміжної операції не може перевищувати тривалості основної операції, тобто:

$$d_j^C \leq d_j^0, \quad (5)$$

Тоді кількість агрегатів, які необхідно мати для виконання суміжної операції, буде:

$$x_{ij}^C = \text{int} \left(\frac{S_k \cdot k^C}{d_j^C \cdot W_{ij}^C \cdot T_{zm} \cdot k_{zm}} + 1 \right), \quad (6)$$

де: $x_{ij}^0, x_{ij}^D, x_{ij}^C$ – кількість агрегатів, необхідних для виконання відповідно основної, допоміжної та суміжної операцій;

S_k – площа вирощування сільськогосподарської культури;

k^0, k^D, k^C – кратність виконання відповідних операцій;

d_{don} – допустима за агротехнічними вимогами тривалість виконання заданого циклу робіт;

d_j^0, d_j^D, d_j^C – тривалість виконання відповідних операцій;

$W_{ij}^0, W_{ij}^D, W_{ij}^C$ – продуктивність агрегатів відповідно на основній, допоміжній і суміжній операціях;

$\omega_j^0, \omega_j^D, \omega_j^C$ – годинний обсяг робіт на відповідних операціях;

T_{zm} – тривалість зміни;

k_{zm} – коефіцієнт змінності.

Важливим показником при виборі кількості агрегатів для виконання механізованих робіт є коефіцієнт використання агрегату K_{ij}^a , який визначається із залежності:

$$K_{ij}^a = \frac{S_k \cdot k}{d_j \cdot W_{ij} \cdot T_{ci} \cdot k_{ci} \cdot x_{ij}} \leq 1. \quad (7)$$

Аналіз залежності (7) показує, що при $K_{ij}^a < 1$ величина x_{ij} збільшує своє значення, тобто зменшення до деякого значення d_j не призводить до зміни x_{ij} . Тобто, за менш тривалий час можливо виконати той же обсяг робіт тією ж кількістю агрегатів.

Із наведених залежностей видно, що збільшення кількості машинних агрегатів на основних операціях приведе до збільшення кількості агрегатів на допоміжних операціях при незначному зменшенні тривалості їх виконання.

Разом з тим аналіз залежності (7) показує також і те, що тільки при переході межі $W_{ij}^{n'} = \omega_j$, де $n' = 1, 2, \dots, n$, величина x_{ij} змінює своє значення. Оскільки це справедливо, то при зменшенні до деякого значення d_j величина x_{ij} не змінюватиме свого значення. Тобто, за менш тривалий час можна виконати

роботу тією ж кількістю агрегатів, за умови, якщо правильно розподілити машинні агрегати за переліком операцій технологічного процесу.

Відомо, що одну і ту ж операцію можуть виконувати різні за складом машинні агрегати із властивими тільки їм показниками роботи. На виконанні кожної операції може бути використано m варіантів агрегування. Технологічний процес виробництва продукції рослинництва складається із закінченого числа операцій, кількість яких виражається числом n . Тоді прямокутна матриця розміром $n \times m$ являє собою множину можливих варіантів використання машинних агрегатів.

Критеріями оптимізації можуть бути приведені витрати ($C \rightarrow \min$), затрати робочого часу ($H \rightarrow \min$), витрата палива ($\Pi \rightarrow \min$), а також коефіцієнт використання парку машин ($K_n \rightarrow \max$), матеріаломісткість ($M \rightarrow \min$), капітальні вкладення ($K_e \rightarrow \min$). Показники використання машинних агрегатів виражаються через a_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$).

Множина варіантів використання машинних агрегатів у річному періоді виконання механізованих робіт виражається матрицею:

$$S = \|a_{ij}\| = \{V_{ij}, D_{ij}, d_{ij}, x_{ij}, W_{ij}, C_{ij}, H_{ij}, M_{ij}, \Pi_{ij}, K_{nij}, K_{vij}\}. \quad (8)$$

У свою чергу підмножина $x_{ij} \in S$ включає елементи, у які входять типи енергетичних засобів t ($t = 1, 2, \dots, T$), сільськогосподарських машин ξ ($\xi = 1, 2, \dots, E$) та їх кількість у агрегаті z_ξ , тобто:

$$x_{ij} = \{t, \xi, z_\xi\}. \quad (9)$$

Застосувавши один із критеріїв ефективності, можна визначити найбільш “вигідні” машинні агрегати для виконання кожної із операцій. Для цього необхідно перетворити прямокутну матрицю $n \times m$ у матрицю-вектор A так, що:

$$A = \text{opt} \left| \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{matrix} \right|. \quad (10)$$

Очевидно, що матриця A являє собою систему машинних агрегатів, які можуть виконувати відповідні механізовані операції загального технологічного процесу. З метою пошуку раціонального складу комплексів машин для кожної сільськогосподарської культури необхідно розглянути дану систему у загальній структурі машинного парку за строками виконання робіт і загальному річному завантаженні машин.

Почергово розглядаючи операції з врахуванням тривалості їх виконання за основною операцією у межах $j = 1, 2, \dots, n$, визначається реальна тривалість виконання кожного циклу. При цьому уточнюється необхідна кількість машинних агрегатів як на основних операціях, так і на допоміжних і суміжних

операціях. Знаючи початок D_j і тривалість d_j , виконання j -ої операції, визначаються терміни закінчення механізованих робіт D_j^k :

$$D_j^k = D_j + d_j + 1. \quad (11)$$

Оскільки x_{ij} залежить від тривалості виконання операції, то знайшовши суму кількості агрегатів за строками виконання робіт l ($l = D_j, D_{j+1}, \dots, 365$) і операціях j ($j = 1, 2, \dots, n$) по кожному енергетичному засобу t ($t = 1, 2, \dots, T$), одержимо:

$$\|x_{it}\| = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1T} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{365,1} & x_{365,2} & \dots & x_{365T} \end{vmatrix} = \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} x_{l(j)} \right|. \quad (12)$$

Досліджуючи матрицю на максимум для кожного t по l , одержимо матрицю-вектор кількості енергетичних засобів t -го типу:

$$\|x_t^{\max}\| = \max_{t=1}^T \|x_{it}\|, \quad (13)$$

Загальна кількість годин роботи енергетичних засобів типу t протягом річного періоду виконання робіт знаходиться за такою залежністю:

$$H_t^3 = \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n (x_{1(j)} d_j T_{3m}) \right|. \quad (14)$$

Тоді річне завантаження одиничного енергетичного засобу кожного типу становитиме:

$$H_t^3 = \left| \frac{\sum_{j=1}^n (x_{1(j)} d_j T_{3m})}{\|x_t^{\max}\|} \right|. \quad (15)$$

Аналіз залежності свідчить, що зменшення кількості енергетичних засобів x_t^{\max} за рахунок перерозподілу робіт між ними призведе до збільшення їх річного завантаження і відповідно до зменшення приведених затрат на виконання механізованих робіт, а також зниження капітальних вкладень. Для пошуку шляхів зменшення значення x_t^{\max} необхідно ввести поняття “відсікаючої перемінної” — δ_t , початкове значення якої рівне:

$$\delta_t = x_t^{\max} - 1. \quad (16)$$

Розглядаючи елементи матриці (15) по кожному t ($t = 1, 2, \dots, T$), знаходять значення l , для якого $x_{it} > \delta_t$. У цьому випадку із множини x_{it} для

даного t і l знаходять таке значення, (тобто таку операцію), для якого справедлива нерівність:

$$x_{tl} \geq x_t^{\max} - \delta_t. \quad (17)$$

Такий пошук проводиться для всіх t по всіх l . Якщо нерівність (17) не підтверджується, то перемінна δ_t для всіх t зменшується на 1 до того моменту, поки нерівність (17) буде справедлива.

У цьому випадку для одержаного j планується використання іншого агрегату, близького за критерієм ефективності до вибраного раніше за умови, що тип енергетичного засобу t цього агрегату увійшов у склад агрегатів на інших операціях. Тоді тимчасово знявши з j -тої роботи попередній агрегат, тобто частково звільнивши матрицю (12) від раніш прийнятого значення t по $D_j, D_{j+1}, \dots, D_j^k$, перевіряють її стан з новим t . Якщо у такому випадку справедлива нерівність (16), то перебудовується матриця A з урахуванням нововведеного агрегату. Кожний перерозподіл стану системи, яка розглядається, викликає нове значення матриці A . Тому на кожному етапі перерозподілу аналізується ця матриця для визначення випадку збільшення H_t . При цьому тимчасово зняті агрегати повністю виключаються із системи. У іншому випадку, вони залишаються для продовження корегування згаданої матриці.

Слід відмітити, що при умові, коли знімається один із типів агрегатів із основної операції і призначається інший, то визначаються нові строки виконання робіт і уточнюється кількість агрегатів на допоміжних і суміжних операціях, незалежно від того, якими вони були до моменту заміни агрегатів.

При заміні агрегатів на допоміжних і суміжних операціях одночасно визначається їх необхідна кількість.

Процес перерозподілу робіт продовжується до того моменту, поки “відсікаюча перемінна” δ_t для всіх t прийме значення $\delta_t = 0$.

Кінцеве значення елементів матриці (12) являє собою матрицю використання раціонального складу парку енергетичних засобів по днях календарного періоду робіт.

Кількість енергетичних засобів раціонального комплексу машин визначається із залежності:

$$X_t^e = \max_l \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} x_{l(j)}. \quad (18)$$

Кількісний і структурний склад сільськогосподарських машин-знарядь, що увійшли в склад раціонального комплексу машин, залежить від складу машинних агрегатів, в яких використовуються енергетичні засоби раціонального машинного парку:

$$X_{\xi}^c = \max_l \left| \sum_{\xi=1}^{\Xi} \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} (x_{l(j)} z_{\xi}) \right|. \quad (19)$$

Виділивши із набору технологічних операцій ті, що виконуються при вирощуванні культур змодельованої сівозміни, і прийнявши, що α — номер першої операції і β — кількість операцій по даній культурі, визначають раціональні комплекси машин для вирощування і збирання сільськогосподарських культур. Для цього необхідно взяти суму по i так, що $i = \alpha, \alpha + 1, \dots, \alpha + \beta$.

Одержані склади комплексів машин обґрунтовані в структурі машинного парку є складовою його частиною і їх робота взаємозв'язана з роботою всього парку машин.

Розкривши множину S , одержимо технологічний процес вирощування і збирання сільськогосподарських культур у сівозміні, який дає можливість ефективно використовувати техніку з врахуванням отриманих строків виконання робіт.

Цільову функцію розглянутої вище системи цілісних математичних моделей, визначення структури комплексів машин, у загальному вигляді можна позначити залежністю:

$$F = f(A(d_i^0)) \rightarrow \text{opt } Kr^e, \quad (20)$$

де: Kr^e – критерій ефективності;

$A(d_i^0)$ – динамічний стан системи (агрегати – строки робіт).

Висновки

Одержано множину варіантів одержана цільова функція цілісних математичних моделей використання машинних агрегатів у річному періоді виконання механізованих робіт при вирощуванні і збиранні сільськогосподарських культур у сівозміні, яка дає можливість ефективно використовувати техніку з врахуванням отриманих строків виконання робіт.

Список використаних джерел

1. Крамаров, В. С. Основы проектирования механизированных процессов с.-х. производства и расчета комплексов машин [Текст] // Определение состава МТП с использованием математического программирования. Материалы выездного пленума отделения механизации и электрификации сел. хоз-ва ВАСХНИЛ в 1964 г. В. С. Крамаров, В. Р. Губко, А. П. Терехов под общ. ред. акад. Лучинский и др.] – М.: Колос 1966. – С. 323.
2. Мельник, І. І. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу. / І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, С. М. Бондар – К.: Видавничий центр НАУ, 2004. – 154 с.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ МАШИН И МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Бурилко А.В.

В результате проведенной работы была получена целевая функция целостных математических моделей, по определению структуры комплексов машин, технологического процесса выращивания и уборки сельскохозяйственных культур в севообороте, что даёт возможность эффективно использовать технику с учетом полученных сроков выполнения работ.

Abstract

DESIGN OF STRUCTURE OF COMPLEXES OF MACHINES AND MASHINNO-TRAKTORNOGO PARK

A. Burilko

A result of the conducted work the objective function of integral mathematical models was got, on determination of structure of complexes of machines, technological process of growing and cleaning up of agricultural cultures in a crop rotation, that enables effectively to use a technique taking into account the got terms of implementation of works.

УДК 631.

ВИБІР КРИТЕРІЇВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

Пастухов В.І., д.т.н., проф., Рудницький Є.М., асп., Рудницька Г.В. інж.
*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведені методи вибору критеріїв контролю якості технологічних процесів внесення органічних добрив.

Вступ. Для здійснення синтезу системи керування динамічним об'єктом необхідно сформулювати модель цього об'єкта. Причому, головним є те, що в даній моделі повинне бути відбите зображення істотних сторін поведінки реального об'єкта, що визначає найбільш повну інформацію про нього.

Основна частина. Головною характеристикою моделі є її відносна простота. Знаходження компромісу між точною передачею властивостей динамічного об'єкта й простотою опису – одне з питань вибору й обґрунтувань необхідної моделі. Рішення цього питання складається у визначенні математичного оператора, що, з достатнім ступенем точності, описує явище,