

Міністерство аграрної політики та продовольства України
Миколаївський національний аграрний університет



Кафедра тракторів та сільськогосподарських
машин

Бондаренко О.В., Грубань В.А.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни: «Машиновикористання в
рослинництві»

Миколаїв

2014

ТЕМА: ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ АГРАРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ. ПРОЦЕДУРИ ТА АЛГОРИТМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Основні поняття аграрної інженерії.
2. Процедури та алгоритми прийняття рішень.

1. Основні поняття аграрної інженерії. Інженерна діяльність – це форма активного цілеспрямованого впливу фахівців інженерної служби на виробництво через створення, забезпечення функціонування та розвиток технічних і технологічних систем. Інженерна діяльність є системою-процесом, елементами якої є фахові функції, що реалізуються в просторі “**цілі – об’єкти – умови – час**”.

Інженерія (інженерна справа) є науковою і методологічною основою інженерної діяльності, що включає систему функцій, а також методів, процедур та інструментальних засобів їх реалізації. Характерною ознакою сучасної інженерії є **системний підхід**, при якому об’єкти діяльності розглядаються як системи на множині внутрішніх і зовнішніх зв’язків та відношень.

Об’єктами інженерної діяльності в сільськогосподарському виробництві є технологічні та технічні системи.

Технічна система (ТС) – це композиція елементів технічної сутності на множині зв’язків і відношень, яка забезпечує необхідну сукупність властивостей для виконання свого функціонального призначення. ТС належать до класу систем-об’єктів типу “машина” або “машина – середовище”.

Технологічна система (ТхС) – це композиція способів дій, виробничого персоналу, засобів і предметів праці, яка забезпечує перетворення предметів праці від початкового до бажаного стану відповідно до технологічного регламенту.

ТхС належать до класу систем типу "людина – засоби праці – предмет праці – середовище" (рис.1). Виробничий персонал, технічні засоби (машини, знаряддя, обладнання), ресурси, інформація (технологічний регламент) входять до складу активних засобів досягнення мети. Технологічні системи як **об'єкти інженерної діяльності** можуть бути на рівні операції (ТхСО), процесу (ТхСП), технології (ТхСТ) і комплексу (ТхСК) [1].

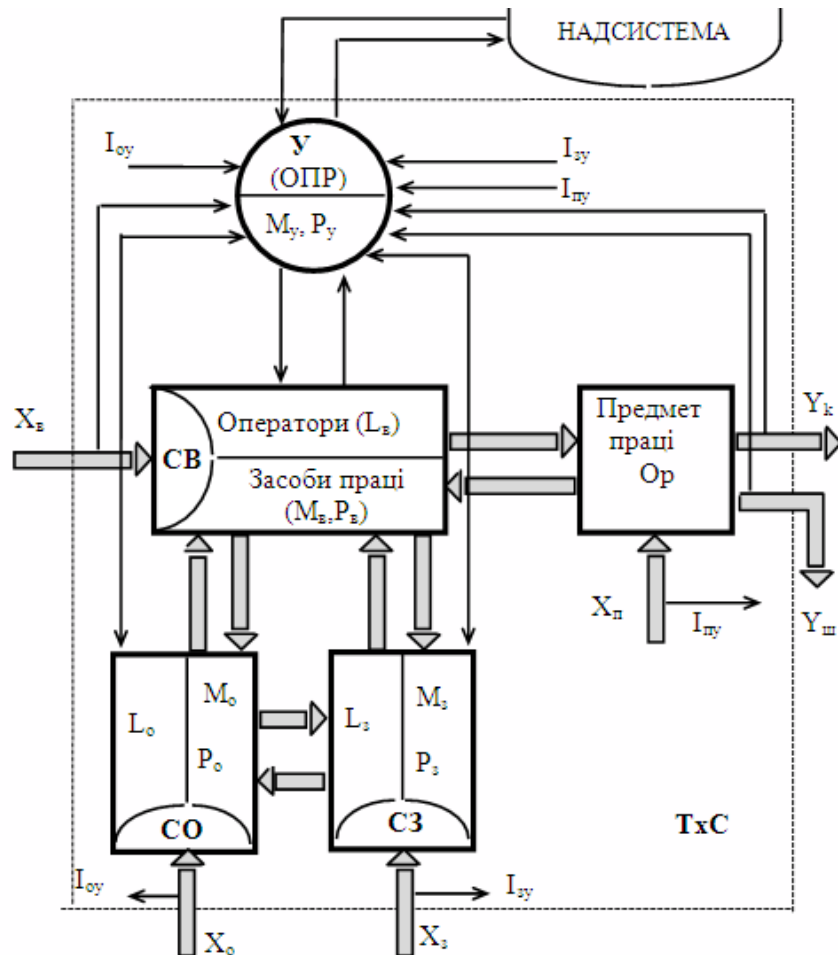


Рис.1. Типова структурна схема аграрної технологічної системи (ТхС).

Умовні позначення: СВ – основна виробнича складова; СЗ, СО – складові технологічного забезпечення та технічного обслуговування; У, ОПР – складова управління з особою, що приймає рішення; L, M, P – персонал, технічні засоби та ресурси системи; X – вхідні фактори, що діють на складові системи; Y_к, Y_ш – корисні результати та шкідливі наслідки; I – внутрішні і зовнішні інформаційні зв'язки

Функції інженерної діяльності – це впорядкована сукупність дій, що забезпечують досягнення виробничих цілей. Життєвий цикл систем включає етапи проектування, втілення, використання і розформування. З цього

впливають узагальнені інженерні функції, а саме: аналіз виробничих ситуацій і систем, проектування систем, планування та організація робіт, управління виробничими процесами. Інженерні функції, як правило, потребують розв'язання задач, обґрунтування рішень та їх реалізації.

Задача – це форма завдання, спрямованого на досягнення мети в заданих умовах шляхом обґрунтування раціонального поєднання керованих змінних (факторів). Повне формулювання задачі включає потребу (Z), яку належить задовольнити в результаті розв'язку задачі, вимогу (мету – A), задані умови (ситуацію – X). Таким чином, повну задачу можна записати логічним виразом, права частина якого означає відомі елементи (“дано”), а ліва – невідомі (“знайти”):

$$Z = \langle A, X \rangle. \quad (1)$$

Неповне формулювання задачі можливе у двох варіантах:

виробнича ситуація $Z_X = \langle -, X \rangle$;

проблемна задача $Z_n = \langle A, - \rangle$.

Отже, виробнича ситуація означає зафіксований на певний момент часу стан умов, які включають не лише зовнішні чинники, але й стан системи та її елементів, тобто

$$X = \langle L, M, P, I, \Pi, X_3 \rangle, \quad (2)$$

де L, M, P, I, Π, X_3 – суттєві для досягнення характеристики відповідно персоналу, технічних засобів, ресурсів, інформації, предметів праці та зовнішніх умов.

Для розв'язання проблемної задачі потрібне додаткове дослідження умов, щоб її можна було сформулювати у вигляді (1).

Інженерна задача стосується перетворення об'єктів інженерної діяльності та умов досягнення мети.

Тривалість життєвого циклу аграрних технологічних систем залежить від їх рівня. На рівні операцій і процесів (ТхСО, ТхСП) він може становити декілька днів, технологій (ТхСТ) рільництва – сезон, комплексів (ТхСК) – багато років. Кількість технологічних операцій рільництва у господарстві може

становити біля тисячі, процесів – декілька десятків, технологій – в межах десятка. Звідси впливає зміст інженерних задач і частота потреби їх розв'язання. Так, оптимізація машинно-тракторного парку може проводитися раз на 5-7 років, а проектування операцій, планування розподілу техніки за видами робіт – сотні раз на рік. Необхідність використання ПЕОМ при розв'язуванні цих задач зумовлена в першому випадку значною розмірністю задачі, у другому – затратами часу на обґрунтування рішень.

Рішення є інтелектуальним і вольовим актом інженерної діяльності, який стосується вибору мети та способу дій. Інженерні рішення приймаються переважно за результатами розв'язку задач. У рішеннях матеріалізуються знання та досвід фахівця, забезпечується досягнення поставлених цілей. Спосіб використання активних засобів для досягнення цілей обумовлює **стратегію**. До загальних інженерних стратегій відноситься формування технічного потенціалу, забезпечення стабільності функціонування ТхС та їх розвитку.

Технічний потенціал – це система матеріально-технічних та інформаційних ресурсів виробництва, а також способів їх ефективного використання. Остання складова стосується рівня технологій і здатності фахівців ефективно використовувати наявні можливості.

Машиновикористання (експлуатація техніки) – це система організаційних, технічних і технологічних заходів, яка забезпечує виконання механізованих сільськогосподарських робіт згідно з вимогами, а також роботоздатність техніки.

Експлуатаційний регламент – сукупність правил ефективного використання техніки за призначенням, а також утримання її в допустимих межах параметрів технічного стану. Він обумовлює раціональне використання потенційних можливостей техніки.

Технологія – це впорядкована у часі та просторі сукупність операцій і процесів створення споживних вартостей.

Технологічний регламент – сукупність правил проведення технологічних операцій, що забезпечує досягнення запрограмованих результатів у межах заданих вимог.

Технологічна дисципліна є мірою дотримання параметрів технологічного регламенту в межах допустимих відхилень.

Культура машиновикористання характеризує рівень обґрунтованості технічного потенціалу та ефективності його використання згідно з вимогами технологічних і експлуатаційних регламентів, а також екологічного та морального імперативів. Культура машиновикористання суттєво залежить від якості інженерної діяльності.

2. Процедури та алгоритми прийняття рішень. Інженерна діяльність як система-процес реалізується у чотиримірному просторі “**ЦІЛІ – ОБ’ЄКТИ – УМОВИ – ЧАС**”. Чіткість і обґрунтованість цілей має винятково важливе значення на всіх рівнях діяльності фахівця. Їх невизначеність чи невідповідність рівню професійної компетентності фахівця є джерелом виникнення нових складних проблем, помилкових напрямків розвитку виробництва.

Процес цілеутворення у загальному вигляді зображений на рис. 2. Інженерна діяльність має бути спрямована на забезпечення **потреб** суспільства. Цілі, формуючись під впливом як об’єктивних, так і суб’єктивних чинників, повинні обмежуватись екологічним і моральним імперативами.

Відображення об’єктивних потреб (P) впорядковується системою цінностей (S_A) фахівця і формує **мотивацію** до спрямованих дій (M). Обґрунтованість цілей пов’язана з узгодженням потреб і реальних можливостей (B) їх задоволення, а також із суб’єкта діяльності щодо цілей (P_A). Враховуючи множинність цілей, можливостей та умов, акт вибору цілей є відповідальним етапом діяльності.

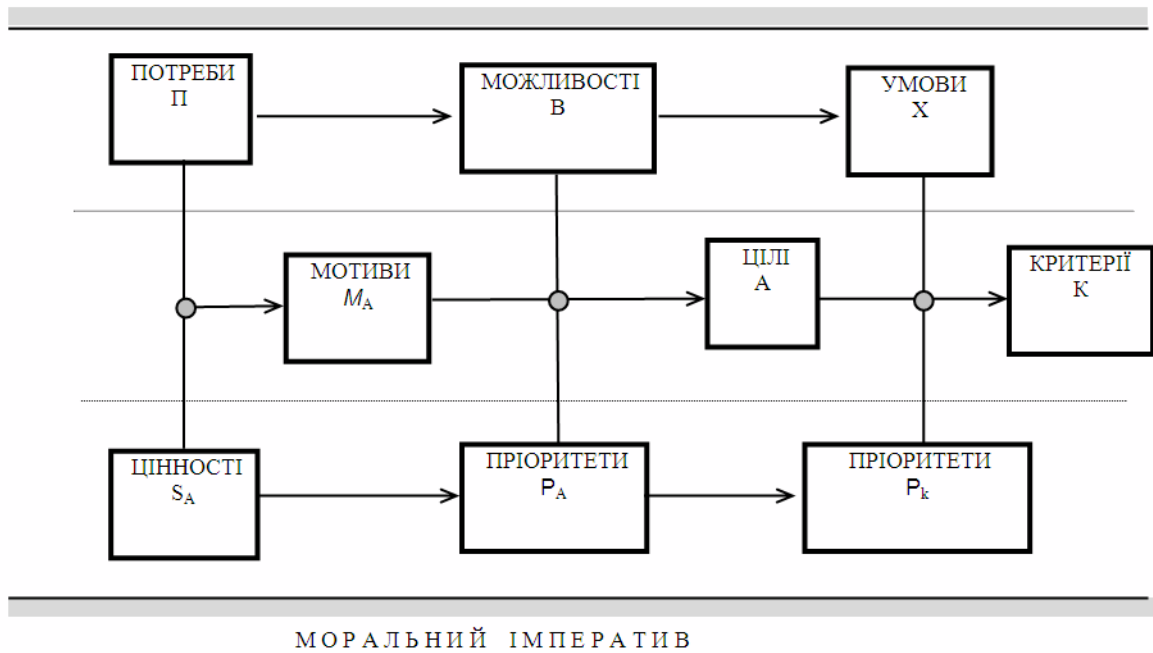


Рис. 2. Схема утворення цілей фахової діяльності – акт прийняття рішення на певній стадії ціле утворення

Цілі характеризують бажані результати діяльності. Кількісною мірою наближення до цілі є **критерії** (K_A). В аграрній інженерії можна виокремити чотири групи первинних цілеутворювальних факторів:

корисність, яка виражається множиною показників функціонального призначення і надійності системи;

плата за корисність, що характеризується витратою ресурсів (трудових, енергетичних, технологічних, фінансових) за життєвий цикл системи;

безпечність функціонування систем щодо людини і екології;

час втілення рішень та їх окупності.

Кожну групу цілей характеризує множина часткових та узагальнювальних показників, які розкривають певні властивості систем. Множинність цілей і критеріїв, а також нестабільність умов функціонування аграрних ТхС обумовлюють творчий характер процесу цілевстановлення. Зведення критеріїв перелічених груп до одного узагальненого (інтегрального) критерію має ряд недоліків.

По-перше, не завжди є можливість встановити узагальнений критерій, який відображав би фізичну суть процесів.

По-друге, в узагальнених критеріях можлива взаємна компенсація окремих важливих для ОПР критеріїв.

По-третє, використання відносних критеріїв (наприклад, відношення корисності до витрат) не розрізняє варіантів з пропорційною зміною чисельника і знаменника. Тому в процесі цілевстановлення доцільно орієнтуватися на методи багатокритеріальної оцінки варіантів рішення. Для ТхС різництво корисність пов'язана з обсягом виконаних робіт Ω , їх якістю Δ , тривалістю T і своєчасністю. У свою чергу обсяг виконаних робіт залежить від продуктивності системи та її здатності пристосовуватися до зміни умов і вимог.

Тобто

$$Q = f(\Omega, \Delta, T) = f(W, k_2, \Delta, k_{ce}), \quad (3)$$

де Q – узагальнений показник корисності системи;

W – експлуатаційна продуктивність системи;

k_{ce} – коефіцієнт своєчасності робіт;

k_2 – коефіцієнт гнучкості системи, який враховує її універсальність та здатність пристосовуватися до зовнішніх умов і вимог.

Сукупні затрати ресурсів на створення, використання та ліквідацію систем можуть бути виражені в натуральних G , грошових C і енергетичних C_e одиницях, а також у вигляді питомих затрат (g_i, c_i, c_{ei}) на одиницю виконаної роботи. Побудова узагальнених критеріїв затрат, як правило, не викликає утруднень, бо вони мають адитивні властивості, тобто можуть бути виражені сумою часткових затрат:

$$C = \sum C_i \text{ або } E = \sum E_i \quad (4)$$

Шкідливість ТхС будемо оцінювати розмірами негативних наслідків їх функціонування щодо середовища $E_{ш}$. Шкідливі наслідки можуть бути виражені в натуральних або енергетичних одиницях адитивними показниками типу

$$E_{шij} = \sum_i \sum_k E_{шij}, \quad (5)$$

де $E_{шij}$ – шкідливі наслідки i -го типу на j -му етапі існування ТхС.

Похідними від перелічених цілеутворювальних факторів будуть показники економічної W_e та економіко-екологічної ε ефективності, а також показники типу коефіцієнта корисної дії η (табл.1).

Розрізняють три види критеріїв у прийнятті рішень: придатності, оптимізації та адаптивізації рішень [7,8].

При застосуванні критеріїв придатності раціональним вважається рішення, при якому значення критерію відповідає умовам

$$W_A^+(u) \geq [W_A]; W_A^-(u) \leq [W_A], u \in U, \quad (6)$$

де $W_A^+(u)$ – показник результатів рішення $u \in U$, який покращується у напрямку зростання числових значень (корисність, вигрaш);

$W_A^-(u)$ – показник оцінки результатів, покращання якого відбувається у напрямку зниження (витрати, прогpaш);

$[W_A]$ – гранично допустиме значення показника.

Таблиця 1

Основні цілеутворюючі фактори машиновикористання в землеробстві

Об'єкти діяльності	Корисність				Затрати		Шкідливіс		Ефективність		
	Ω	W	T_c	Δ	C, E	c, e	$E_{ш}$	θ	W_e	ε	η
ТхСК	Ω_c	W_c			C_c, E_c	c_c, e_c	$E_{шк}$	θ_c	W_{ec}	ε_c	η_c
ТхСТ	Ω_m	W_m			C_m, E_m	c_m, e_m	$E_{шм}$	θ_m	W_{em}	ε_m	η_m
ТхСП	Ω_n	W_n	τ_c		C_n, E_n	c_n, e_n	$E_{шп}$	θ_n	W_{en}	ε_n	η_n
ТхСО	Ω_o	W_o	τ_c	Δ_o	C_o, E_o	c_o, e_o	$E_{шо}$	θ_o	W_{eo}	ε_o	η_o
Ресурси					E_n	e_n					η_n
Персонал	N_{li}	W_l		Δ_{li}	Z_n	z_n		θ_l	W_{el}		
Техніка	N_m	W_m		Δ_{mi}			$E_{шм}$	θ_m	W_{em}	ε_m	η_m
Час	T				T	t	t_{θ}				η_t
Енергія, паливо	G_e, G			Δ_n	G_e, G_n	g_e, g_n	$G_{н\theta}$				η_e
Матеріали	G_m			Δ_m	G_m	g_m	$G_{m\theta}$				η_m
Інформація	I	I_k	τ_i	Δ_i			I_{θ}		W_{ei}		η_i
Кошти	Ω_c				C	c	C_{θ}		W_{ec}		η_c
Предмет праці	Ω_{pn}			Δ_{nn}				θ_{nn}			
Продукція	Ω_u	Y		Δ_{uv}			Y_{θ}				
Умови праці	U_{ll}			Δ_v			$E_{шv}$	θ_v			
Середовище	X_c						$E_{шc}$	θ_c			

Отже, за критерієм придатності множина можливих рішень (стратегій) ділиться на дві підмножини – придатних (U_A^n) і непридатних (U_a^n) рішень.

Прикладами критеріїв придатності для обґрунтування рішень у сфері аграрного машиновикористання є:

оцінка своєчасності виконання робіт, тобто $T_{\phi} \leq [T]$, де T_{ϕ} , $[T]$ – фактична і гранично допустима тривалість;

оцінка придатності машинних агрегатів за умовою допустимого тиску ходових систем на ґрунт $p_e \leq [p_e]$;

оцінка умов праці за нормативними значеннями окремих показників.

Оптимальні рішення означають встановлення найкращого з можливих варіантів, що відповідає умовам

$$W_A^+(u) = \max W_A; W_A^-(u) = \min W_A, u \in U. \quad (7)$$

Наприклад, оптимізація строків проведення збирання зернових культур за критерієм мінімуму прямих затрат (C_n) і вартості втрат урожаю (C_v)

$$T_{opt} = \min (C_p + C_v).$$

Обидва підходи є недостатньо гнучкими, бо не враховують можливих змін ситуації в процесі реалізації рішень.

Концепція адаптивних стратегій передбачає можливість зміни цілей, параметрів і структури системи на основі апріорної, оперативної чи прогнозної інформації. В цьому випадку

$$\begin{aligned} W_t^+(u^*(t), \tau) &\geq [W_t(u(t), \tau)]; \\ W_t^-(u^*(t), \tau) &\leq [W_t(u(t), \tau)], u(t) \in U(t, \tau), \end{aligned} \quad (8)$$

де t – системний час;

τ – випередження прогнозу;

W_t – показник ефективності, що може змінюватися в часі.

Прикладом адаптивних стратегій у машиновикористанні є зміна критеріїв у прийнятті однотипних рішень протягом сезону. Зокрема, в напружені (“пікові”) періоди робіт рішення можуть прийматися із застосуванням критеріїв максимуму продуктивності, тоді як у менш напружені періоди – мінімуму експлуатаційних затрат. Адаптивні стратегії забезпечують необхідну гнучкість інженерних рішень.

ТЕМА: ПОБУДОВА ДЕРЕВА ЦІЛЕЙ І КРИТЕРІЇВ. ЕКСПЕРТНІ ПРОЦЕДУРИ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРІОРИТЕТІВ.

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Побудова дерева цілей і критеріїв.
2. Експертні процедури встановлення пріоритетів.
3. Основні положення та процедури проектування ТхС.

1. Побудова дерева цілей і критеріїв. Цілі, які відображають бажані результати діяльності, на вищих рівнях узагальнення можуть бути задані у вигляді певного напрямку (наприклад, підвищити ефективність праці або екологічність механізованих робіт). Для досягнення головної (глобальної) мети, як правило, потрібно розв'язати низку задач з частковими (локальними) цілями. Тому її важливо структурувати у вигляді дерева цілей.

При побудові дерева цілей спочатку формулюється глобальна мета A_0 (нульовий рівень структуризації). На першому рівні структуризації у загальному вигляді формулюються ті цілі A^I_i , котрі потрібно реалізувати для досягнення глобальної мети. На наступних рівнях структуризації деталізуються цілі вищого ієрархічного рівня. На рис. 1.3 наведено приклад побудови дерева цілей для головної мети – підвищення економіко-екологічної ефективності ТхС рільництва.

Завершити деталізацію окремих цілей можна на будь-якому рівні з дотриманням вимоги, щоб на нижньому рівні дерева цілей був сформований повний ненадлишковий набір **кількісно виражених часткових цілей**. Це правило передбачає можливість наступної процедури згортання кількісних вимірників часткових цілей у критерії. Умова повноти і ненадлишковості (достатності) передбачає таку структуризацію цілей, при якій часткові показники достатньо характеризують вплив властивостей системи на глобальну

мету, а їх подальша деталізація є недоцільною через зростання розмірності задачі.

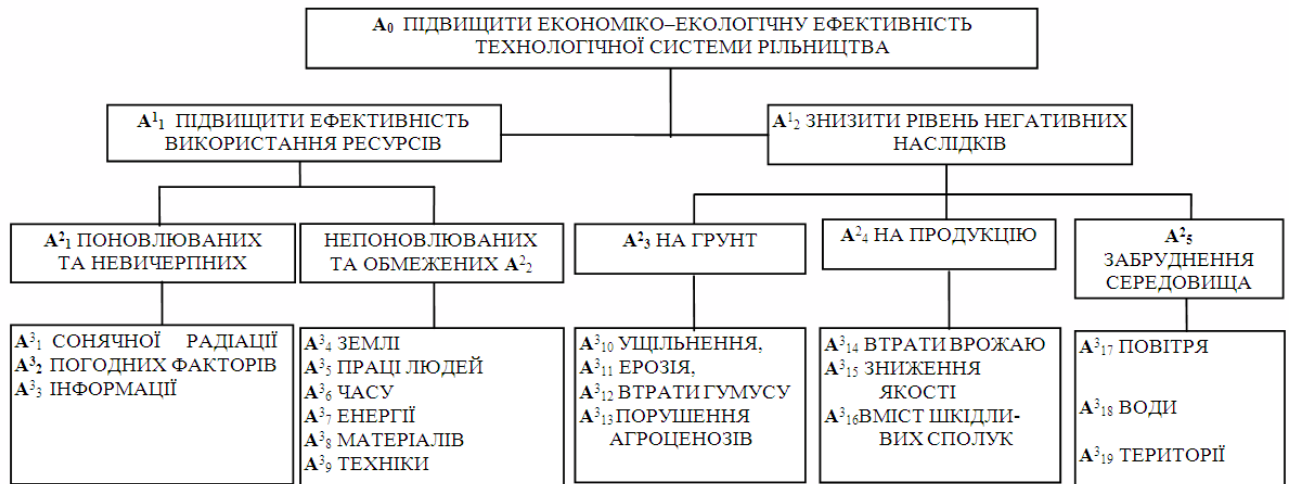


Рис.1. Приклад побудови дерева цілей підвищення економіко-екологічної ефективності технологічної системи рільництва:

A_0 – глобальна мета; A_i^j – умовне позначення i -тої цілі, j -го рівня.

Кількісною мірою наближення до цілі є **критерії** (K_A), які забезпечують можливість оцінки результатів діяльності відносно цілей. В аграрній інженерії критерії також можуть бути задані множиною, елементи якої відрізняються як за фізичним змістом, так і за процедурою оцінки результатів.

З об'єктивної ієрархії цілей та критеріїв впливає схема впорядкування критеріїв за рівнем їх узагальнення (див. рис. 2). Покажемо це на прикладі дерева цілей підвищення економіко-екологічної ефективності ТхС (див. рис. 1). Маючи на нижньому рівні дерева цілей кількісні показники, згортку критеріїв зручно проводити за індуктивним принципом – від часткових показників до узагальнених.

Зокрема, на множині часткових показників нижнього рівня дерева цілей (див. рис. 1) можна сформулювати ряд критеріїв, які наведемо у загальному вигляді (див. рис. 2):

родючість ґрунтів за рахунок природних чинників

$$Y_B = f_1(B, \eta_\phi, \eta_\epsilon), \quad (1)$$

запрограмована потенційна урожайність культури

$$Y_n = f_2(Y_B, Q_m, \phi_m), \quad (2)$$

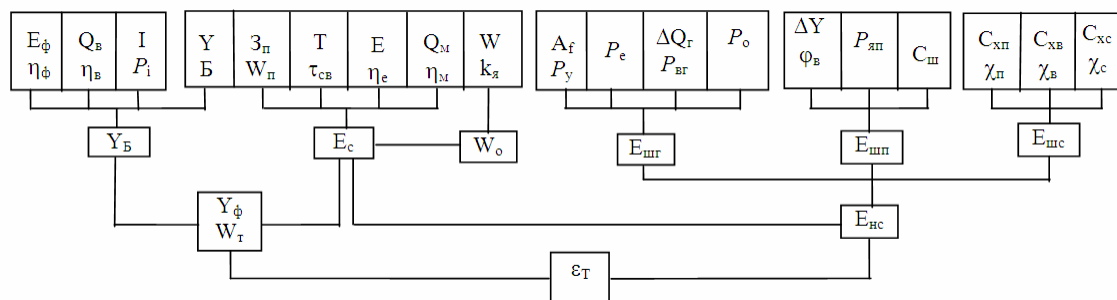


Рис. 2. Схема функціонального згортання критеріїв від часткових до узагальненого. Умовні позначення: E_ϕ і η_ϕ – потік і коефіцієнт використання фотосинтезуючої радіації (ФАР); Q_B і η_B – природна забезпеченість вологою і коефіцієнт її використання; I , P_i – наявність і рівень використання інформації; Y – вирощений урожай; B – бонітет ґрунтів; Z_n і W_n – затрати і продуктивність праці; T і τ_{cv} – затрати часу і коефіцієнт своєчасності робіт; E , η_e – енергоспоживання і коефіцієнт використання енергії; Q_M , ϕ_M – витрата і коефіцієнт використання матеріалів; W – ефективність використання технічних засобів; K_y – показник якості роботи технічних засобів; A_f і P_y – робота і рівень ущільнення ґрунту; ΔQ_e і P_e – втрати і рівень відновлення вмісту гумусу в ґрунті; P_o – рівень розораності земель; $C_{ш}$ – вміст шкідливих сполук у продукції; ΔY і ϕ_B – технологічні втрати врожаю і коефіцієнт втрат; $P_{яп}$ – узагальнений показник рівня якості продукції; C_{xn} , C_{xb} , C_{xc} – характеристики забруднення повітря, водойм, території шкідливими речовинами; C_n , C_b , C_c – відповідні показники агресивності відходів; Y_B , Y_ϕ – урожай за рахунок бонітету і фактичний; E_c – сукупні затрати непоновлюваної енергії; $E_{нс}$, $E_{шг}$, $E_{шп}$, $E_{шс}$ – шкідливі наслідки технології, відповідно, сукупні, на ґрунт, продукцію, середовище; ϵ_T – економіко-екологічна ефективність технології.

фактична урожайність

$$Y_\phi = f_3 (Y_n, \eta_y), \quad (3)$$

сукупні витрати ресурсів на отримання врожаю

$$E_c = f_4 (Z_n, E, Q_M, E_T), \quad (4)$$

екологічно шкідливі наслідки техногенного характеру

$$E_n = f_5 (A_f, Q_e, E_{шс}, E_{шп}), \quad (5)$$

ефективність праці

$$W_l = F_1 (Y_\phi, C_m, Z_n), \quad (6)$$

економічна ефективність технології

$$W_l = F_2 (Y_\phi, C_m), \quad (7)$$

економіко-екологічна ефективність

$$\epsilon_T = F_0 (Y_\phi, E_c, E_n). \quad (8)$$

Отже, на нижньому рівні дерева критеріїв розташовуються функціональні та вартісні критерії, які відображають корисність Y_r та витрати в енергетичному E_c або грошовому вигляді C_T , на наступному – показники ефективності W , а найбільш загальним є критерій економіко-екологічної ефективності технології ε_T . Це означає, що в процесі інженерної діяльності, приймаючи рішення за частковими цілями, потрібно узгоджувати можливі результати з цілями вищого ієрархічного рівня. Фактично екологічність ТхС пов'язує прагматичні цінності із загальнолюдськими.

Зазначимо, що ієрархія критеріїв за рівнем узагальнення стосовно прийняття інженерних рішень не завжди відображає реальні потреби. Так, при дефіциті окремого ресурсу (наприклад, палива) його оптимальне витрачання може бути важливішим за економію коштів, тобто більш загальний показник. Тому важливо володіти також експертними методами встановлення пріоритетів у цілях і критеріях.

2. Експертні процедури встановлення пріоритетів. Пріоритети – це вид ієрархії, що дозволяє впорядкувати елементи множини за відношенням їх значущості в конкретній виробничій ситуації.

Встановлення пріоритетів на множині цілей і критеріїв прийняття рішень може мати об'єктивні і суб'єктивні підстави. В першому випадку відношення переваг задається на основі закономірностей, що відображають субординацію показників. Об'єктивно пріоритетними мають стати екологічні показники технологій і процесів, показники вищих рівнів узагальнення. До цієї групи можна також віднести пріоритети, що встановлені на основі незалежних експертних оцінок. Суб'єктивні пріоритети зумовлені неадекватною оцінкою ситуації, вольовими чинниками, упередженістю та особистими інтересами.

В інженерній діяльності часто потрібно здійснити ранжування критеріїв за їх значущістю або вибрати один чи декілька критеріїв з числа рівноправних показників. З численних методів упорядкування множин найбільш придатними для встановлення пріоритетів в інженерії є експертні методи попарного

порівняння, які характеризуються простотою порівняння, можливістю здійснити не лише ранжування елементів, але й встановити числові значення коефіцієнтів їх значущості.

При попарному порівнянні будується матриця (табл. 1), в якій на перетині рядка і стовпчика проставляють коефіцієнти переваг k_{ij} елемента i -тої рядка (a_i) у порівнянні з елементом j -го стовпчика (a_j).

Таблиця 1

Матриця попарного порівняння критеріїв

Елементи	a_1	a_2	...	a_j	...	a_n	$\sum_j k_i$	P_{ij}	λ_i	Ранг
a_1	k_{11}	k_{12}	...	k_{1j}	...	k_{1n}				
a_2	k_{21}	k_{22}	...	k_{2j}	...	k_{2n}				
...				
a_i	k_{i1}	k_{i2}	...	k_{ij}	...	k_{in}				
...				
a_n	k_{n1}	k_{n2}	...	k_{nj}	...	k_{nn}				
								$\sum P_{ij}$	$\sum \lambda_i$	

Достатню точність оцінок забезпечує встановлення пріоритетів за шкалою коефіцієнтів:

$$k_{ij} = 1.5 \Rightarrow a_i \succ a_j; \quad k_{ij} = 1.0 \Rightarrow a_i \approx a_j; \quad k_{ij} = 0 \Rightarrow a_j \succ a_i.$$

Знак “ \succ ” означає відношення переваги.

Коефіцієнти значущості λ_i критеріїв визначають за відношенням

$$\lambda_i = P_{ij} / \sum P_{ij} \text{ при } \sum \lambda_i = 1, \quad (9)$$

де P_{ij} визначається як сума добутків кожного елемента i -того рядка на елементи вектор-стовпчика $\sum_j k_i$, тобто

$$\rightarrow \quad \downarrow \quad P_{ij} = \sum [k_i] \cdot [\sum k_j] . \quad (10)$$

Ранг окремого критерію встановлюється за значенням коефіцієнта значущості λ_i . Встановлення пріоритетів може здійснюватись як групою експертів, так і індивідуально.

Таким чином, функціональні залежності, рівні узагальнення критеріїв і експертні процедури дають можливість виявити об'єктивні пріоритети в межах певної системи цінностей та конкретної ситуації.

Встановлюючи цілі і критерії, потрібно враховувати, що із зростанням рівня узагальнення критеріїв можлива взаємна компенсація часткових показників, тобто покращання одних із них може нейтралізуватися погіршенням інших без зміни загального показника. Так, підвищення корисності системи може нейтралізуватися зростанням її шкідливих наслідків.

Часткові показники, як правило, чітко характеризують окрему властивість ТхС. Але тоді потрібно враховувати, як прийняте рішення вплине на показники вищого ієрархічного рівня. Наприклад, при обґрунтуванні стратегії підвищення продуктивності праці важливо оцінювати також ресурсомісткість систем та їх екологічність. Тому для окремих показників функціонування ТхС доцільно встановлювати обмеження на гранично допустимі значення.

3. Основні положення та процедури проектування ТхС. Проектування систем належить до найбільш відповідальних функцій інженерної діяльності, які суттєво впливають на кінцеві результати виробництва. Через порівняно невелику тривалість життєвого циклу більшості аграрних ТхС проектування є багаторазовим процесом. Концепція аграрних ТхС як систем-процесів, кількісна оцінка техногенних наслідків і екологічності їх функціонування, система професійних цінностей, сучасний науково-інструментальний базис фахівців інженерної служби – все це означає становлення системної інженерії аграрних ТхС, в тому числі і їх проектування.

Метою проектування аграрних ТхС є забезпечення виконання заданого обсягу робіт з потрібною якістю при мінімально можливих затратах ресурсів і шкідливих наслідках техногенного характеру. Загальна схема проектування ТхС усіх рівнів наведена на рис.3.

Початок задає клас і призначення ТхС, що проектується.

Перший етап проектування передбачає обґрунтоване формулювання мети і вибір відповідних критеріїв оцінки окремих проектних рішень і ТхС в цілому. Етап включає процедури аналізу виробничої ситуації, встановлення пріоритетів щодо цілей і критеріїв стосовно конкретної ситуації, відбору критеріїв за ознаками ієрархії або експертною оцінкою. В результаті задача проектування може бути сформульована як одно- або багатокритеріальна з обмеженнями або без них.

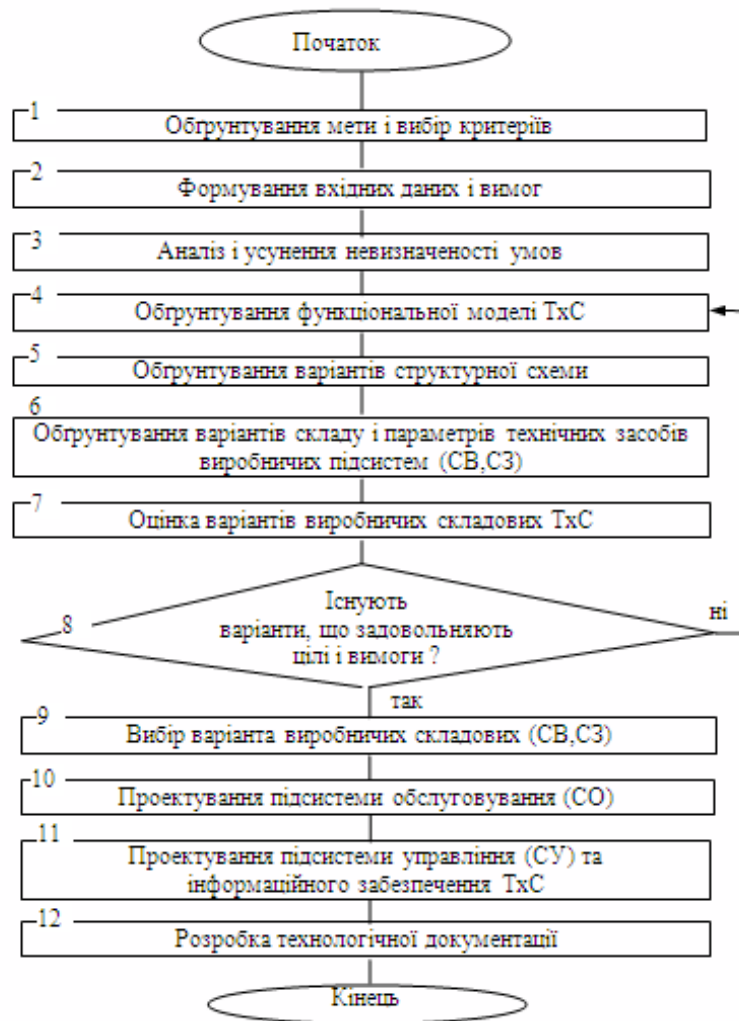


Рис. 3. Загальна схема проектування ТхС

На другому етапі формується вхідна інформація, що необхідна для пошуку ефективних шляхів досягнення поставленої мети. Основні чинники, що можуть вплинути на вибір технічних засобів і режимів роботи, організацію ТхС рільництва, доцільно об'єднати в наступні групи:

- * характеристика культури: назва, сорт, характеристики посадки (міжряддя, фаза розвитку, урожайність тощо);
- * агротехнічні вимоги до операцій і процесів: оптимальні строки проведення робіт, норми внесення, параметри якості і допустимі відхилення;
- * природно-виробничі умови проведення робіт: характеристики полів, ґрунту, відстані переїздів;
- * технологічні особливості: варіант технологічного циклу вирощування культури (основний обробіток, передпосівний обробіток, сівба, догляд за посівами, збирання та ін.), місце в сівозміні, стан ґрунту і посівів, вплив відхилення строків виконання робіт на кінцеві результати;
- * наявні ресурси: трудові, технічні засоби, паливо, технологічні матеріали, вартість та якість ресурсів;
- * екологічні вимоги щодо рівня негативних наслідків операції: тиск на ґрунт, винесення гумусу і ерозія ґрунтів, забруднення довкілля тощо;
- * вимоги охорони праці та техніки безпеки.

В умови задачі проектування ТхС включаються лише ті дані, що необхідні і достатні для досягнення мети. Надлишок інформації веде до зростання розмірності задачі, а відповідно, складності і трудомісткості розв'язку, а також зниження чутливості рішень до зміни окремих факторів.

Третій етап передбачає усунення невизначеностей умов. На цьому етапі реалізуються процедури аналізу невизначеностей, вибору способів їх зниження, встановлення законів розподілу ймовірностей появи подій, статистичних характеристик випадкових факторів (середніх значень або математичного сподівання, дисперсії), обґрунтування резервів на випадок несприятливих обставин, а також допустимого ризику, усунення суб'єктивних невизначеностей.

На четвертому етапі обґрунтовується функціональна модель ТхС, що повинна розкрити функції, які необхідно реалізувати для досягнення заданих цілей. В тому, що проектування аграрних ТхС починається з розкриття функцій, проявляється сутність функціонального підходу.

П'ятий етап передбачає структурний синтез ТхС, які забезпечують реалізацію потрібних функцій. Згідно з типовою схемою і функціональною моделлю встановлюється набір альтернативних варіантів структури ТхС.

На шостому етапі обґрунтовуються варіанти складу елементів основної виробничої складової (СВ) і пов'язаної з нею підсистеми технологічного забезпечення (СЗ), визначаються і узгоджуються між собою їх параметри. Розрахунки проводяться виходячи з виконання заданого обсягу і необхідного темпу робіт, наявних ресурсів і вимог.

Оцінка варіантів ТхС за встановленими раніше критеріями проводиться на цьому етапі. За результатами оцінки формується вихідна множина варіантів, з якої буде зроблений остаточний вибір. Якщо за прийнятими критеріями відсутні варіанти, що задовольняють вимоги, то процес проектування повертається на крок 4 (логічна операція 8).

На дев'ятому етапі реалізується процедура остаточного варіанта складу і параметрів підсистем СВ і СЗ. Вона залежить від числа критеріїв оцінки варіантів, вибраного правила прийняття рішення. Ефективні процедури одно- і багатокритеріального вибору розглядаються нами нижче.

Склад і параметри виробничих підсистем СВ і СЗ є вихідними умовами для обґрунтування організаційної схеми, складу і параметрів підсистеми технічного обслуговування (крок 10) і управління (крок 11). Обґрунтування проектних рішень доцільно здійснювати на процедурах співставлення корисності функцій підсистем і затрат на їх реалізацію.

На завершальному етапі розробляються технологічний і експлуатаційний регламенти. Перший встановлює умови і вимоги щодо забезпечення якості робіт, другий – щодо стабільності функціонування ТхС, ефективного використання їх можливостей.

На всіх етапах проектування систем, від формулювання мети і до оцінки прийнятих рішень, важливо дотримуватися певних канонів, які забезпечували б необхідну якість композиції ТхС, її сумісність із середовищем. Сформулюємо ці канони у формі принципів проектування аграрних ТхС.

Принцип достатньої корисності: при проектуванні технологічних систем потрібно забезпечити необхідний і достатній рівень корисних результатів.

При деякій тривіальності даного принципу в його основі лежать об'єктивні закономірності. Він впливає із так званого закону спадаючої граничної корисності. Суть цього закону полягає в тому, що інтенсивність зростання корисності певних благ спадає із збільшенням розміру самих благ.

Так, приріст корисного ефекту своєчасності та якості механізованих робіт знижується в міру наближення до своїх граничних значень. Даний принцип націлює ОПР на встановлення та забезпечення раціональних меж корисності ТхС.

Принцип ресурсощадності: необхідної корисності системи потрібно досягати з мінімально можливими затратами ресурсів.

Ефективність як одна з найбільш загальних властивостей системи характеризується співвідношенням корисних результатів і затрат. Даний принцип у поєднанні з попереднім спрямовує процес проектування на пошук оптимальних рішень щодо ефективності систем.

Принцип сумісності: властивості аграрних технологічних систем повинні бути сумісними з надсистемою і середовищем.

Даний принцип впливає з відомого в системотехніці фундаментального принципу зовнішнього доповнення [7]. Згідно з теоремою Геделя про неповноту формальних систем достатній опис властивостей системи можливий лише в межах ширшої системи, тобто із зовнішнім доповненням. Так, ефективність ТхС, будучи атрибутом системи, проявляється лише в надсистемі (ефективність операції, процесу – в межах технології, технології – в межах господарського комплексу і т.д.). Звідси ж впливає і вимога трирівневого опису систем (надсистема – система – елементи).

Для аграрних ТхС принцип сумісності має крім зовнішнього доповнення ще й функціональний зміст, а саме: часове і параметричне узгодження системи

з надсистемою і середовищем (наприклад, машин – за шириною захвату, операцій – за часом, параметрів агрегату – з рельєфом).

Принцип екологічності: проектування аграрних ТхС повинно забезпечити їх екологічно безпечне функціонування.

Виходячи з концепції екологічності, критерії еколого-економічної ефективності ТхС є найбільш загальними, з якими потрібно узгоджувати інші показники їх функціонування. Даний принцип спрямований на дотримання екологічного імперативу, покращання екологічних властивостей аграрних систем.

ТЕМА: ПРОЦЕДУРА ФОРМУВАННЯ МНОЖИНИ АЛЬТЕРНАТИВ ЗА БАГАТЬМА КРИТЕРІЯМИ ТА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ РІШЕННЯ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Процедура формування множини альтернатив за багатьма критеріями.

2. Процедури багатокритеріального вибору рішення.

1. Процедура формування множини альтернатив за багатьма критеріями. Багатокритеріальність, є характерною ознакою прийняття рішень в аграрній інженерії. Багатокритеріальне обґрунтування рішень доцільно проводити в такій послідовності процедур:

1. Обґрунтування цілей і взаємно незалежних критеріїв оцінки альтернативних варіантів.

2. Формування множини можливих альтернатив (ММА).

3. Звуження множини ММА до вихідної множини альтернатив (ВМА), з якої буде здійснюватися остаточний вибір.

4. Вибір процедури прийняття рішення.

5. Багатокритеріальна оцінка варіантів ВМА.

6. Прийняття рішення.

При обґрунтуванні цілей і критеріїв спираються на систему цінностей, сукупність виробничих цілей і критеріїв конкретної сфери діяльності, а також аналіз конкретної ситуації. В процедурах багатокритеріальної оцінки та вибору рішення доцільно дотримуватися таких правил:

А. Цілі повинні бути виражені в критеріальній формі, що є умовою кількісної оцінки наближення варіантів до цілі.

Б. Критерії мають бути взаємно незалежними. Це зумовлює одноразове врахування суттєвих для досягнення мети факторів. Дотримання цього правила

знижує також число критеріїв в одній задачі. В задачах аграрного машиновикористання число критеріїв, як правило, не перевищує чотирьох. Вони стосуються корисності, витрат, шкідливих техногенних наслідків, строку окупності.

В. Критерії зводяться до вигляду, при якому їх покращання йде в однаковому напрямку (в бік зростання або зменшення). Застосування цього правила не є обов'язковим, але спрощує процедури оцінки і вибору варіантів. Його дотримання переважно не викликає утруднень, бо досягається використанням обернених значень окремих показників. Так, застосування як критерію погектарної витрати палива g_n (кг/га) передбачає покращання в бік зниження, а її обернена величина $f = 1/g_n$ (га/кг) – в напрямі збільшення. Обидва показники відображають паливну економічність агрегату.

Множину ММА формують з урахуванням цілей A , можливостей B і умов X . В аграрному машиновикористанні значна кількість задач пов'язана з вибором раціонального складу технічних засобів для ТхС певного рівня з наявної у господарстві техніки (наприклад, комплексу машин – для ТхСТ, набору машин – для ТхСП, машинних агрегатів – для ТхСО). Формування ММА здійснюється шляхом індивідуальної чи колективної експертизи з наявного парку машин.

Звуження ММА до ВМА доцільно здійснювати на підставі багатокритеріальної оцінки варіантів за **методом Парето** [5,6,7]. Суть методу полягає у виявленні варіантів, що за прийнятими критеріями домінують над іншими, а також варіантів, над якими немає домінування. При цьому варіант A домінує над B ($A \succ/ B$), якщо значення його критеріїв є кращими або еквівалентними в порівнянні з відповідними критеріями U_i^B ($U_i^A \succ U_i^B$) і хоча б за одним із критеріїв варіант A має строгу перевагу над B , тобто $U_i^A \succ U_i^B$. Знак $\succ/$ означає відношення “домінує над”, знак \succ – відношення “переважає” (рис. 1).

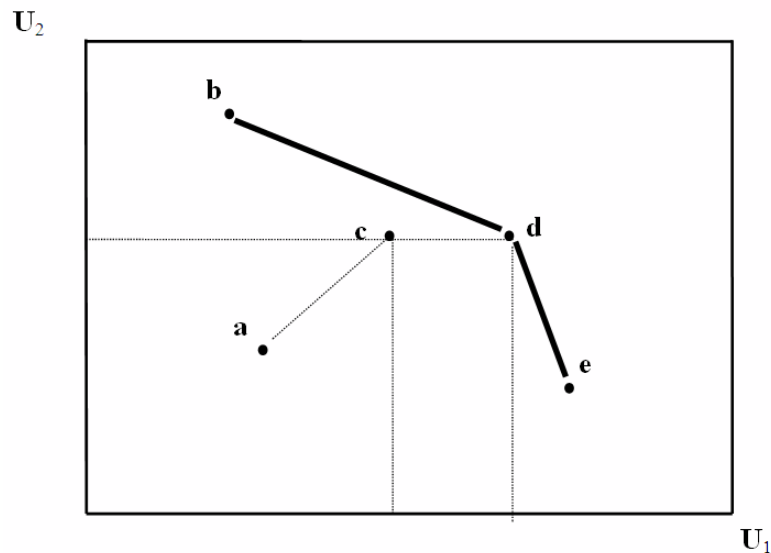


Рис. 1. Формування множини Парето за двома критеріями:
 $d \succ c \succ a$; над варіантами b і e - немає домінуючих варіантів.
 Множина Парето – $\{b, d, e\}$

Розроблений нами алгоритм формування ВМА на основі багатокритеріальної оцінки варіантів дозволяє порівнювати альтернативи з довільним числом критеріїв.

2. Процедури багатокритеріального вибору рішення. Наступною процедурою є вибір методу прийняття рішення за багатьма критеріями. Найпридатнішими для застосування в інженерній практиці є метод відстані до цілі та лексикографічний метод. Перший доцільно застосовувати за умови приблизно рівної значущості критеріїв, другий – при суттєвій їх нерівноцінності.

Метод відстані до цілі полягає в порівнянні j -го варіанта ВМА з деяким ідеалізованим варіантом. Переважно це умовний варіант, якому приписуються кращі значення критеріїв з числа варіантів, що порівнюються, досягнуті значення перспективних аналогів або теоретично досяжні значення критеріїв. Кращим за цим методом вважається варіант, для якого площа багатокутника, побудованого на значеннях критеріїв U_{ij} , є найближчою до площі аналогічного багатокутника, побудованого на ідеалізованих значеннях критеріїв U_{io} (рис. 2).

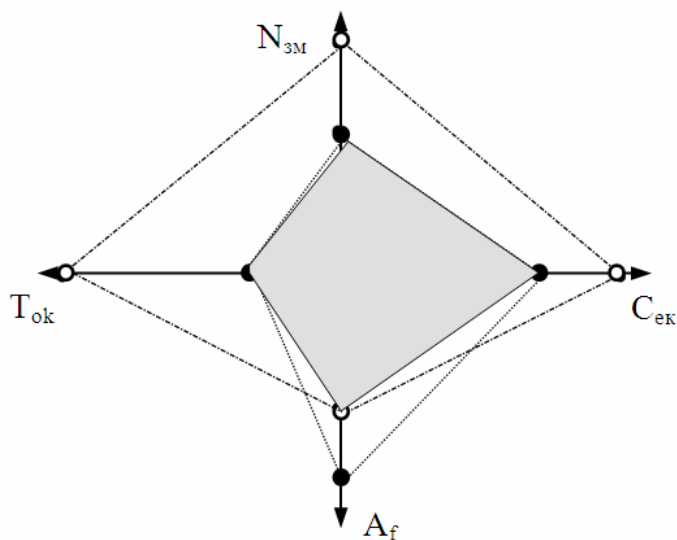


Рис. 2. Полігон вибору рішення в просторі критеріїв, що характерні для ТхС рільництва (N_{3M} - число нормозмін; $C_{ек}$ - експлуатаційні затрати; A_f - ущільнення ґрунту; $T_{ок}$ - строк окупності):

○ – альтернативи; ■ – ідеалізований варіант (ціль)

Побудова багатокутника на абсолютних величинах критеріїв U_{ij} призводить до неоднакового впливу різних критеріїв на його площу, бо числові значення критеріїв можуть відрізнятися одне від одного на декілька порядків. З метою уникнення впливу масштабного фактора на прийняття рішень і критеріїв на його площу, бо числові значення критеріїв можуть відрізнятися одне від одного на декілька порядків. З метою уникнення впливу масштабного фактора на прийняття рішень і забезпечення умови покращання критеріїв до центру багатокутника введемо нормування критеріїв з дотриманням таких правил. Для кожного j -го варіанта ВМА проводиться нормування критеріїв U_{ij} за відношеннями:

$$U_{ij}^H = U_{ij}^- / U_{io}, \text{ якщо критерій } U_{ij}^- \text{ покращується в сторону зменшення;}$$

$$U_{ij}^H = U_{io} / U_{ij}^+, \text{ якщо критерій } U_{ij}^+ \text{ покращується в сторону збільшення.}$$

Тоді багатокутник ідеалізованого варіанта буде побудований на значеннях $U_{io}^H = 1$, а для всіх інших варіантів – на значеннях $U_{ij}^H \geq 1$. Для кожного j -го варіанта показник віддаленості від ідеалу (відстань до цілі) визначається як

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} U_{ij}^H - \sum_{i=1}^{i=n} U_{io}^H}{\sum_{i=1}^{i=n} U_{io}^H}.$$

Враховуючи, що $\sum_{i=1}^{i=n} U_{io}^H = n$, можна записати:

$$\mu_j = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{i=n} U_{ij}^H \right) - 1, \quad (1)$$

де μ_j – відстань до цілі j -го варіанта;

n – число критеріїв оцінки альтернатив;

U_{ij}^H і U_{io}^H – нормалізовані значення i -го критерію j -го та ідеалізованого варіантів.

Для ідеалізованого варіанта $\mu_o = 0$ і чим ближче значення μ_j до нуля, тим ближче j -тий варіант до встановленого ідеалу. За значеннями μ_j альтернативні варіанти можна впорядкувати у ранжований ряд.

Лексикографічний метод багатокритеріального вибору передбачає ранжування критеріїв за їх важливістю і поетапне порівняння варіантів за значеннями критеріїв, починаючи з найбільш важливого і далі в міру зниження їх вагомості. Перевага віддається варіантові, для якого значення одного з критеріїв є кращим при рівнозначності всіх більш важливих критеріїв.*

Порядок процедур лексикографічного методу:

1. Обґрунтовуються критерії U_i оцінки альтернатив.
2. Проводиться експертна процедура ранжування критеріїв за значимістю. Процедуру доцільно проводити методом попарного порівняння.
3. Встановлюються граничні відхилення ΔU_i , в межах яких значення критеріїв $U_{ij} \pm \Delta U_i$ вважаються рівноцінними. Для аграрної інженерії переважно $\Delta U_i = 5 - 10 \%$.
4. Проводиться порівняння варіантів за найвагомішим критерієм U_1 . Відбираються ті варіанти, що мають найкращі значення в межах $U_1 \pm \Delta U_1$, а всі інші вилучаються з подальшого розгляду.

5. Якщо з множини ВМА є лише один варіант з кращим значенням критерію U_1 , то процедура вибору завершується. Якщо ж у межах $U_1 \pm \Delta U_1$ є декілька рівноцінних варіантів, то для них проводиться наступний етап порівняння.

6. Порівнюються варіанти за другим за вагомістю критерієм $U_2 \pm \Delta U_2$.

7. При потребі проводяться наступні етапи відбору, який у граничному випадку завершується порівнянням варіантів за найменш вагомим критерієм ранжирного ряду.

Якщо після порівняння за останнім у ранжирному ряду критерієм залишається ще декілька рівноцінних варіантів, то ОПР має ввести додаткові умови або пріоритети.

За таким принципом впорядковуються слова в словниках, звідки і надходить назва методу.

Число критеріїв в одній задачі може бути довільним. При використанні узагальнених критеріїв корисності, затрат, екологічності їх число буде меншим. Проте в узагальнених критеріях не розрізняються окремі їх складові, які можуть мати велике значення у прийнятті ефективних рішень. Наприклад, у числовому значенні сукупних енергозатрат є прихованою частка витрати палива, яка може мати самостійне значення в ефективному машиновикористанні. При застосуванні часткових критеріїв їх число може бути більшим, що підвищує розмірність задачі, але водночас робить її конкретнішою. При проектуванні ТхСО, крім уже названих критеріїв, можуть також застосовуватись показники шкідливих наслідків операції $E_{ш}$, надійності процесів, затрат праці, часу реалізації й окупності системи та інші.

ТЕМА: ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИН ПОРУШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

- 1. Загальне формулювання задачі.**
- 2. Методи й алгоритм розв'язку задачі.**
- 3. Приклад побудови ПНЛ.**

1. Загальне формулювання задачі. У процесі виробництва можуть виникати ситуації, пов'язані з порушенням технологічного режиму, перевитратою ресурсів, невиконанням поставлених завдань. Усунення причин несприятливих відхилень дозволяє запобігати їх повторному прояву. Проте вони часто є наслідком багатьох причин різного характеру і можуть бути виявлені системним аналізом.

Загальне формулювання задачі:

* у господарстві потрібно провести у встановлені строки і з нормативною якістю певний обсяг робіт (цілі). На певний момент часу склалася ситуація, коли виробничі цілі не досягаються в їх нормативному визначенні. Встановити можливі причини порушення технологічного процесу.

2. Методи і алгоритм розв'язку задачі. Взаємозв'язки між наслідками та причинами можуть бути виявлені побудовою причинно-наслідкових ланцюжків (ПНЛ) із застосуванням методів детермінованої логіки.

Використаємо для побудови причинно-наслідкових зв'язків тестовий метод аналізу окремих ознак ситуації. Тестове запитання “ЧОМУ виникла дана ознака?” ставиться до конкретного елемента ситуації, а відповіді на нього формулюються справа за схемою, що наведена на рис. 1.

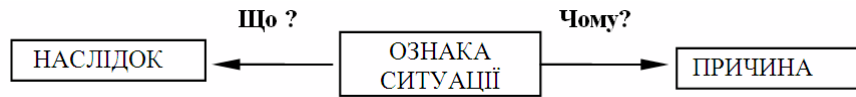


Рис. 1. Схема постановки тестових запитань при побудові причинно-наслідкового ланцюжка (ПНЛ)

Деталізація причин здійснюється до встановлення всіх елементарних (кінцевих) причин, які не потребують додаткового пояснення. Формування ознак ситуації здійснюється для усіх складових формули. В протилежному напрямку – від кінцевих причин до основної ознаки – здійснюється перевірка побудови за допомогою запитання “ЩО викликала дана причина?” (рис. 2).

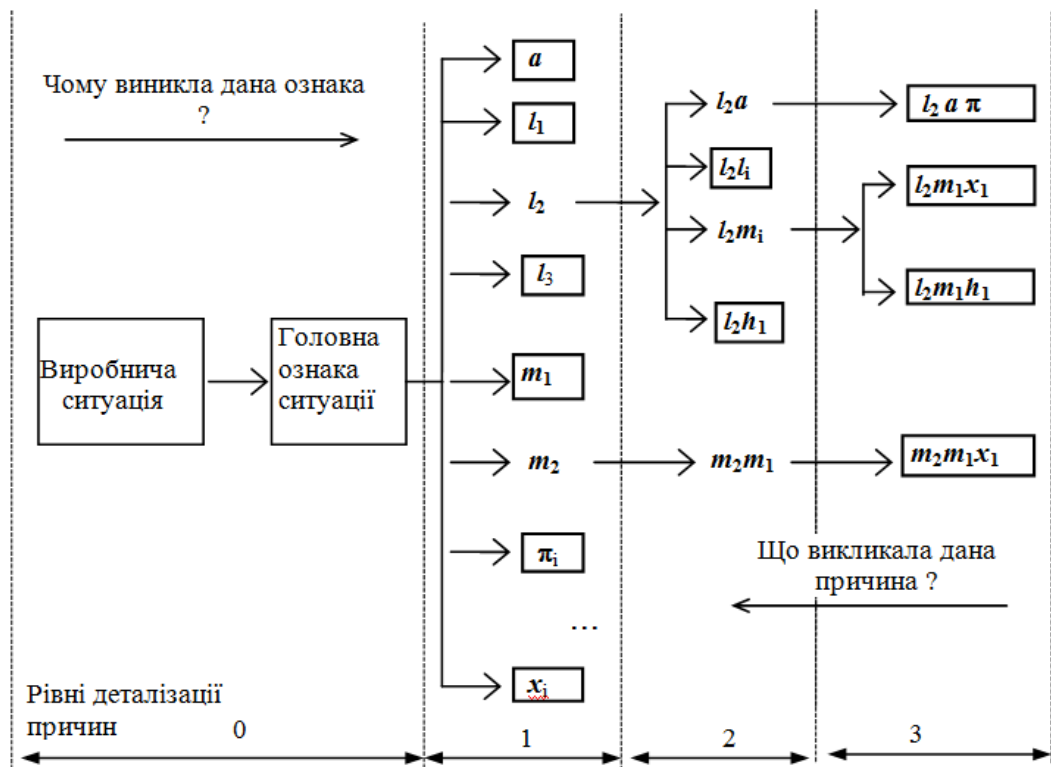


Рис. 2. Схема побудови причинно-наслідкового ланцюжка.

Правила побудови причинно-наслідкових ланцюжків:

1. Формулюється загальна характеристика ситуації (ВС).
2. Формулюється основна ознака ситуації як відповідь на запитання “ЧОМУ виникла дана ситуація?”.

3. Здійснюється перший рівень деталізації головної ознаки, на якому причини її виникнення формулюються як відповіді на запитання “ЧОМУ?”. Пошук причин здійснюється в кожній із складових виробничої ситуації (2):

$$A=\{a_{ij}, i=1,\dots,k; L=\{l_{ij}, i=1,\dots,l; M=\{m_{ij}, i=1,\dots,m; \Omega=\{\omega_{ij}; i=1,\dots,p; Op=\{\pi_{ij}, i=1,\dots,n; X=\{x_{ij}, i=1,\dots,q; I=\{h_{ij}, i=1,\dots,h,$$

де a_{ij} , l_{ij} , m_{ij} , ω_{ij} , π_{ij} , x_{ij} , h_{ij} – причини, що зумовлюють появу ознак ситуації і відносяться, відповідно, до цілей, праці людей, технічних засобів, ресурсів, умов, інформації.

Причини, що однозначно характеризують вплив на ознаку ситуації і не потребують подальшої деталізації є кінцевими (елементарними) і виділяються рамкою.

4. Проводиться другий рівень деталізації, тих ознак ситуації першого рівня, що не виділені як кінцеві причини. Аналізують парні взаємодії елементів ситуації, тобто:

$$a_i = \{ a_i a_{ij}, a_i l_{ij}, a_i m_{ij}, a_i \omega_{ij}, a_i \pi_{ij}, a_i x_{ij}, a_i h_{ij} \};$$

$$l_i = \{ l_i l_{ij}, l_i m_{ij}, l_i \omega_{ij}, l_i \pi_{ij}, l_i x_{ij}, l_i h_{ij} \};$$

$$m_i = \{ m_i m_{ij}, m_i \omega_{ij}, m_i \pi_{ij}, m_i x_{ij}, m_i h_{ij} \};$$

$$\omega_i = \{ \omega_i \omega_{ij}, \omega_i \pi_{ij}, \omega_i x_{ij}, \omega_i h_{ij} \};$$

$$\pi_i = \{ \pi_i \pi_{ij}, \pi_i x_{ij}, \pi_i h_{ij} \};$$

$$x_i = \{ x_i x_{ij}, x_i h_{ij} \};$$

$$h_i = \{ h_i h_{ij} \}.$$

Аналогічно до кроку 3 виділяються кінцеві причини.

5. Якщо на кроці 4 всі причини виділені як кінцеві, то перехід на крок 7, якщо ж ні – то крок 6.

6. Проводиться третій рівень деталізації ознак, що не виділені на кроці 4 як кінцеві. Тут аналізуються потрібні взаємодії і так далі до виявлення всіх кінцевих причин.

7. Проводиться перевірка правильності побудови ПНЛ постановкою запитання “ЩО викликала дана причина?”. Відповідь має характеризувати наслідок.

8. Аналізуються кінцеві причини і приймається рішення щодо усунення небажаних відхилень у виробничому процесі.

3. Приклад побудови ПНЛ. Розглянемо виробничу ситуацію, коли порушується ритмічність процесу збирання зернових культур. Згідно з алгоритмом, встановлюємо головну ознаку ситуації (крок 2). Нею є простої комбайнів в очікуванні транспортних засобів. Відповідаючи на запитання “Чому виникла дана ознака?”, встановлюємо можливі причини її виникнення у кожній складовій виробничій ситуації (2). Зокрема, у складовій “людина” (*L*), простої комбайнів можуть бути спричинені недостатньою кількістю водіїв, низькою виробничою дисципліною персоналу, низьким рівнем організації праці. У складовій “машина” (*M*) причинами можуть бути: недостатня кількість транспортних засобів, низька їх продуктивність. В складовій “ресурси” (*P*) може бути недостатня кількість палива. В інформаційному забезпеченні (*I*) – відсутність сигналізації про заповнення бункера і виклик транспортного засобу. Неоднорідність хлібостою (предмет праці – *П*) впливає на тривалість заповнення бункера та ритмічність робіт. На ритмічність можуть вплинути також умови (*X*), зокрема, вологість хлібостою, рельєф поля, погода, умови на робочому місці персоналу.

Завершується перший рівень деталізації причин виокремленням тих, що не потребують подальшої конкретизації (кінцевих причин). На рис. 3 вони окреслені прямокутником.

На наступному кроці аналізуються парні взаємодії елементів ситуації. Так, низький рівень організації процесу може бути пов’язаний із невідповідністю кваліфікації персоналу (взаємодія “людина-машина”), недосконалістю графіка взаємодії технічних засобів (“машина-машина”). Низька продуктивність транспортних засобів може бути пов’язана із взаємодіями “людина - машина”, “машина - умови” (див. рис. 3). На третьому рівні деталізуються потрійні взаємодії. В наведеному прикладі це “людина-

машина-машина”. За результатами аналізу кінцевих причин приймають рішення щодо удосконалення ТхС.

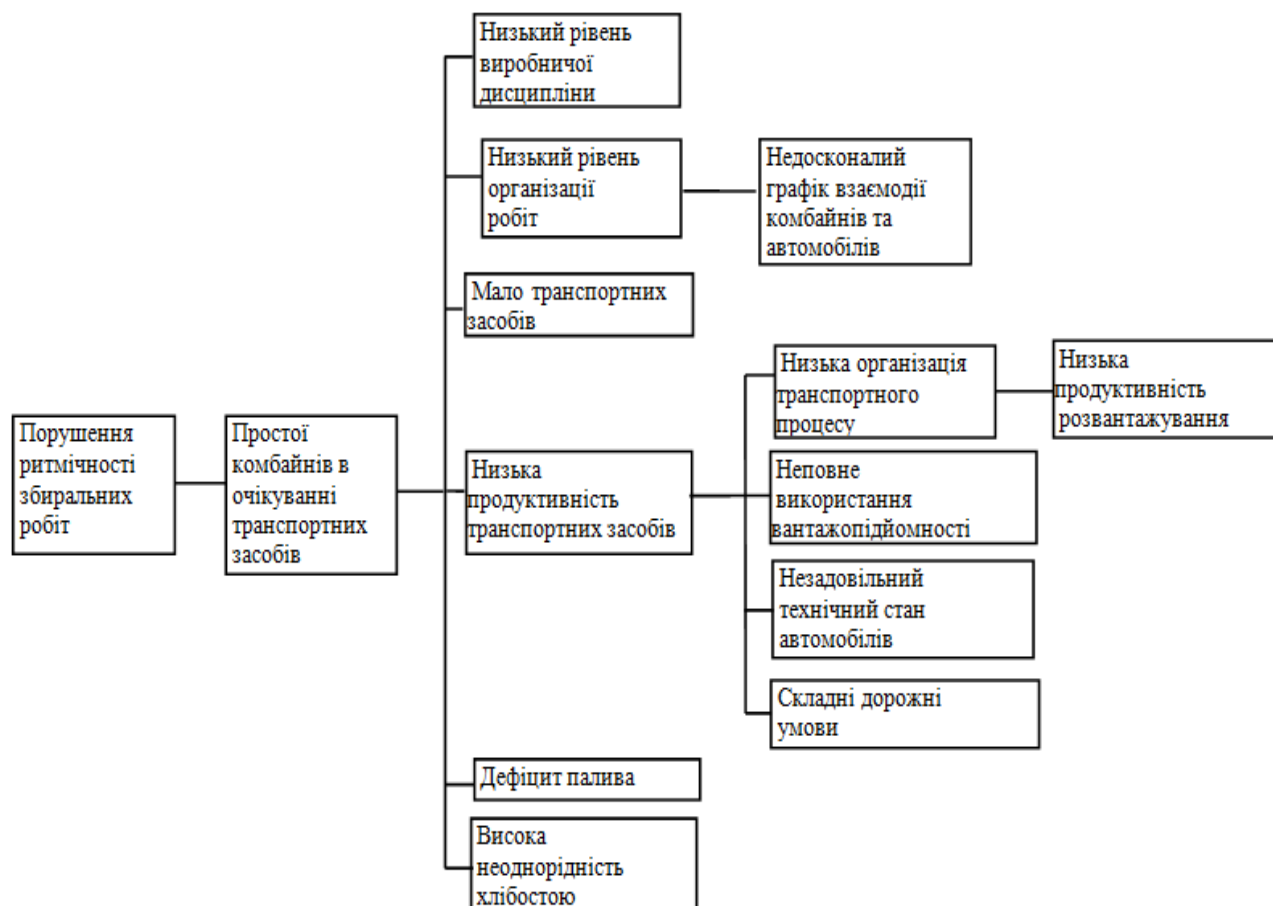


Рис. 3. Приклад побудови причинно-наслідкового ланцюжка для ситуації порушення ритмічності збирання зернових культур (фрагмент)

ТЕМА: ОЦІНКА ВТРАТ РЕСУРСІВ ТА ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА СИТУАЦІЮ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

- 1. Формулювання задачі втрат ресурсів.**
- 2. Методика розв'язку задачі.**
- 3. Приклад побудови карти втрат.**
- 4. Формулювання задачі**
- 5. Методи і алгоритм розв'язку**
- 6. Приклад розв'язку**

1. Формулювання задачі. Втрати ресурсів і урожаю можуть бути на різних етапах технологічного процесу, а їх виявлення потребує системного аналізу.

Загальне формулювання задачі: в ТхС певного рівня (операція, процес, технологія, господарський комплекс) має місце перевитрата певного ресурсу (енергія, паливо, технологічні матеріали, час). Встановити джерела втрат ресурсу і дати кількісну оцінку їх вагомості.

2. Методика розв'язку задачі. Для пошуку можливих джерел втрат ресурсів доцільно застосовувати побудову карти втрат. Виявлення і оцінку втрат здійснюють в окремих складових ТхС за основними елементами виробничої ситуації.

Основні правила і послідовність побудови карти втрат:

1. Складається перелік джерел втрат за елементами ситуації (персонал L , засоби праці M , ресурси P , предмет праці $П$, інформація I , умови X) в кожній структурно-функціональній складовій ТхС (підсистеми: основна $СВ$, технологічного забезпечення $СЗ$, технічного обслуговування $СО$, управління $У$). Отже, буде встановлено 24 групи джерел втрат (табл. 1).

2. У кожній групі формулюється не менше трьох можливих причин втрат. Мінімальне число причин зумовлене характеристиками елементів ситуації: кількісними (наявність, обсяг); якісними (властивості, стан); функціональними (режим, використання). Глибина деталізації причин залежить від складності системи. Для аграрних ТхС число характеристик елементів ситуації в одній групі, як правило, не перевищує 7.

3. Встановлюється бальна шкала ознак вагомості кожної з причин. Згідно з [12] шкала оцінок приймається від 1 до 10 балів з градацією вагомості: неістотна – 1; невелика – 2...3, середня– 4...6, значна– 7...9 і велика – 10.

Таблиця 1

Схема побудови карти втрат

Джерела втрат	Можливі причини	Оцінки в підсистемах, балів			
		<i>СВ</i>	<i>СЗ</i>	<i>СО</i>	<i>У</i>
Виробничий Персонал <i>L</i>	Достатність				
	Кваліфікація				
	Функції				
Технічні Засоби <i>M</i>	Наявність				
	Стан				
	Використання				
Ресурси <i>P</i>	Наявність				
	Якість				
	Використання				
Предмети праці <i>Op</i>	Обсяги робіт				
	Властивості				
	Результати				
Інформація <i>I</i>	Наявність				
	Достовірність				
	Використання				
Умови <i>X</i>	Характер				
	Рівень				
	Мінливість				

4. Індивідуально або групою незалежних один від одного експертів на основі оцінки реального стану технологічної системи проставляються бали вагомості джерел втрат.

5. Проводиться обробка і аналіз результатів оцінки, розробляються пропозиції щодо усунення втрат.

Вплив окремих факторів на втрати здійснюється за значеннями бальних оцінок, а груп факторів – за середньо- арифметичним у групі значенням балів вагомості. В табл. 1 наведена структура карти втрат з мінімальним списком причин. При вісімнадцяти групах факторів карта буде налічувати не менше 72 можливих втрат з оцінкою їх вагомості. Це дозволяє дати системне обґрунтування шляхів удосконалення ТхС. Зазначимо, що для конкретних завдань аналізу в переліку джерел втрат можуть додатково виділятися окремі підгрупи факторів. Наприклад, у групі ресурсів можуть бути виділені енергетичні, технологічні, фінансові ресурси, ресурс часу. Перелік причин втрат також може бути розширений. Проте зміни в переліку груп і причин втрат не змінюють загальної схеми побудови та аналізу виробничих втрат.

3. Приклад побудови карти втрат. У технологічній системі процесу (ТхСП) сівби зернових з внесенням мінеральних добрив спостерігається перевитрата палива. Встановити джерела втрат шляхом побудови карти втрат та дати їх оцінку за результатами індивідуальної експертизи.

Складаємо таблицю з переліком можливих джерел втрат за основними складовими ситуації (див. табл. 1 колонки 1 і 2) в підсистемах ТхС сівби з внесенням мінеральних добрив. Підсистемами ТхСП згідно з типовою схемою є:

основна виробнича підсистема (*СВ*), яка виконує операцію сівби з внесенням добрив;

підсистема технологічного забезпечення (*СЗ*), у функції якої входить підготовка насіння і добрив, їх навантаження, транспортування та завантаження в сівалки;

підсистема технічного обслуговування (*СО*), яка здійснює підготовку агрегатів до роботи, заправку паливо-мастильними матеріалами, технічне обслуговування машин;

підсистема управління (СУ) з особою, що приймає рішення, у функції якої входить організація робіт, контроль та управління процесами, інформаційне забезпечення системи. За результатами аналізу причин втрат по кожній із підсистем експерт дає бальну оцінку їх значущості (табл. 2).

Таблиця 2

Карта втрат палива при сівбі зернових

Джерела втрат		Можливі причини втрат	Оцінки в підсистемах, балів				
			СВ	СЗ	СО	У	
Виробничий персонал <i>L</i>		Достатність	1	5	1	1	
		Кваліфікація	1	1	6	5	
		Функції	1	1	8	9	
Разом у складовій “персонал”			3	7	15	15	
Технічні засоби <i>M</i>		Наявність	1	7	7	4	
		Параметри <i>M</i>	1	1	1	1	
		Технічний стан	8	1	1	1	
		Використання	4	1	1	1	
Разом у складовій “технічні засоби”			14	10	10	7	
Ресурси <i>P</i>	Паливо	Наявність	1	1	1	1	
		Якість	4	4	1	1	
		Зберігання	1	1	5	5	
		Використання	3	3	1	5	
	Разом у складовій “паливо”			9	9	8	12
	Мін. добрива	Наявність	1	1	1	1	
		Якість	1	6	1	5	
Використання		1	1	1	1		
Разом у складовій “мін. добрива”			3	8	3	7	
Поле підготовлене до сівби <i>P</i>		Розміри полів	4	1	1	1	
		Рельєф	5	1	1	1	
		Підготовка поля	3	1	1	4	
Разом у складовій “предмет праці”			12	3	3	6	
Інформація <i>I</i>		Регламент робіт	5	3	7	8	
		Якість регламентів	5	3	5	8	
		Дотримання вимог	3	1	8	8	
Разом у складовій “інформація”			13	7	20	24	
Умови <i>X</i>		Погодні умови	6	1	1	1	
		Умови праці	1	1	1	1	
		Мінливість умов	5	1	1	1	
Разом у складовій “умови”			12	3	3	3	

У наведеному прикладі найбільш вагомими джерелами втрат палива криються в підсистемі управління. Вони стосуються функцій ОНР, інформаційного забезпечення робіт. Крім того, значний вплив на перевитрату пального має технічний стан машин і недостатній рівень технічного обслуговування, що пов'язаний з низькою кваліфікацією персоналу підсистеми СО, порушенням вимог експлуатаційного регламенту. За результатами аналізу втрат приймається рішення щодо їх усунення.

4. Формулювання задачі. На показники машиновикористання впливає сумісна дія факторів різної природи. Для керування ситуацією важливо встановити міру впливу окремих факторів на кінцеві результати.

У загальному вигляді задача формулюється так:

* при відомому рівнянні зв'язку між кінцевим показником і змінними факторами, заданих нормативних і фактичних значеннях факторів встановити їх вплив на кінцевий показник.

5. Методи і алгоритм розв'язку. Міру впливу окремих факторів на показник можна оцінити методом елімінування (вилучення), при якому по чергово визначається вплив одного фактора при нейтралізації впливу інших змінних. Елімінування здійснюється шляхом ланцюгових підстановок (табл. 3).

Таблиця 3

Загальна схема ланцюгових підстановок

Підстановка	Фактори						Функція y	Вплив фактора
	x_1	x_2	...	x_i	...	x_n		
Нульова	x_{10}	x_{20}	...	x_{i0}	...	x_{n0}	y_0	—
Перша	$x_{1\phi}$	x_{20}	...	x_{i0}	...	x_{n0}	y_1	$y_1 - y_0$
Друга	$x_{1\phi}$	$x_{2\phi}$	...	x_{i0}	...	x_{n0}	y_2	$y_2 - y_1$
...
i – та	$x_{1\phi}$	$x_{2\phi}$	...	$x_{i\phi}$	...	x_{i0}	y_i	$y_i - y_{i-1}$
...
n – на	$x_{1\phi}$	$x_{2\phi}$	...	$x_{i\phi}$	...	$x_{n\phi}$	y_ϕ	$y_\phi - y_{n-1}$

Нульова підстановка характеризує базисні (нормативні) дані факторів x_i та функції y_0 . Індекс ϕ ставиться біля фактичних значень факторів і функції. Число підстановок відповідає числу факторів, що входять у розрахункову формулу. Баланс відхилень визначають за формулою:

$$(y_1 - y_0) + (y_2 - y_1) + \dots + (y_i - y_{i-1}) + \dots + (y_n - y_{n-1}) = \Sigma (y_i - y_{i-1}) = (y_\phi - y_0)$$

де y_0 і y_ϕ - базисне (планове) і фактичне значення функції.

6. Приклад розв'язку У господарстві плановий річний обсяг механізованих робіт становить $W_{po} = 64000$ у.е.га при кількості умовних тракторів $n_{mo} = 40$ і річній витраті палива $G_{po} = 416,0$ т. Фактично працювало $n_{m\phi} = 38$ умовних тракторів, які виконали обсяг робіт $W_{p\phi} = 64600$ у.е.га і витратили палива $G_p = 439,28$ т. Перевитрата палива перевищує 23 т. Встановити вплив окремих факторів (кількості тракторів, річного виробітку, погектарної витрати палива) на загальну витрату пального.

З початкових даних встановлюємо, що середній річний плановий і фактичний виробіток на один умовний трактор становить, відповідно, $W_{mo} = 1600$ у.е.га, $W_{m\phi} = 1700$ у.е.га, а витрата палива – $g_o = 6,5$ кг/у.е.га і $g_\phi = 6,8$ кг/у.е.га.

Зв'язок між факторами (n_m, W_m і g) та функцією (G_p) визначається формулою:

$$G_p = n_m W_m g.$$

Результати оцінки впливу факторів на перевитрату палива з використанням ланцюгових підстановок наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Оцінка впливу факторів на витрату палива

Підстановка	Фактори			Функція $G_p, \text{кг}$	Вплив факторів
	n_m	$W_m, \text{у. е. га}$	$g \text{ кг/у.е.га}$		
0 (план)	40	1600	6,5	416000	–
1	38	1600	6,5	395200	– 20800
2	38	1700	6,5	419900	+ 24700
3	38	1700	6,8	439280	+ 19380

Баланс відхилень становить

$$-20800 + 24700 + 19380 = 439280 - 416000.$$

Аналіз впливу факторів на загальну витрату палива стосовно планових даних дозволяє зробити такі висновки:

- зменшення кількості працюючих тракторів при всіх інших планових даних мало б знизити витрату палива на *20,8 т*;
- підвищення інтенсивності використання тракторів при нормативній питомій витраті палива призвело б до збільшення річної витрати палива на *24,7 т*;
- збільшення погектарної витрати палива дало приріст річної витрати на *19,3 т*.

Саме останню причину річної перевитрати палива потрібно ретельно проаналізувати, застосовуючи методи системного аналізу ситуацій (наприклад, побудови карти втрат).

ТЕМА: ВИБІР ФАКТОРІВ КЕРУВАННЯ СИТУАЦІЄЮ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. **Формулювання задачі.**
2. **Методи і алгоритм розв'язку.**
3. **Приклад розв'язку.**

1. Формулювання задачі. Для управління технологічними процесами важливо встановити фактори, за допомогою яких буде втілюватися стратегія досягнення виробничих цілей та здійснюватися контроль ситуації.

Загальне формулювання задачі: для досягнення поставленої технологічної мети встановити фактори керування процесом та контролю за ситуацією.

2. Методи і алгоритм розв'язку. Відбір факторів, за допомогою яких буде досягатися мета і контроль ситуації, можна здійснювати за результатами аналізу матриці взаємозв'язків між окремими елементами ситуації (2).

Матриця взаємозв'язків будується на множині елементів виробничої ситуації. Її загальна схема наведена на рис. 2.4. Кожен окремий фактор матриці має спільну комірку з усіма іншими, в якій можна кодувати їх взаємозв'язки.

При встановленні контрольованих і керованих факторів дотримуються таких правил побудови матриці і кодування комірок взаємозв'язків:

1. Формулюються виробничі цілі $A = \{a_i\}$.
2. Для кожної складової виробничої ситуації (формула 2) експертним шляхом встановлюється перелік факторів, що впливають на досягнення поставленої мети ($L = \{l_i\}, i = 1, l; M = \{m_i\}, i = 1, m; P = \{p_i\}, i = 1, p; \Pi = \{\pi_i\}, i = 1, n; X = \{x_i\}, i = 1, q; I = \{h_i\}, i = 1, h$).

Перелік цілей і суттєвих факторів кожної групи заносять в колонку матриці (рис. 1).

3. Будується поле зв'язків у вигляді сітки, яка утворює двомірні підматриці зв'язків між групами факторів (А–L, А–М, ..., Х–І), а також окремі комірки зв'язку між кожною парою факторів.

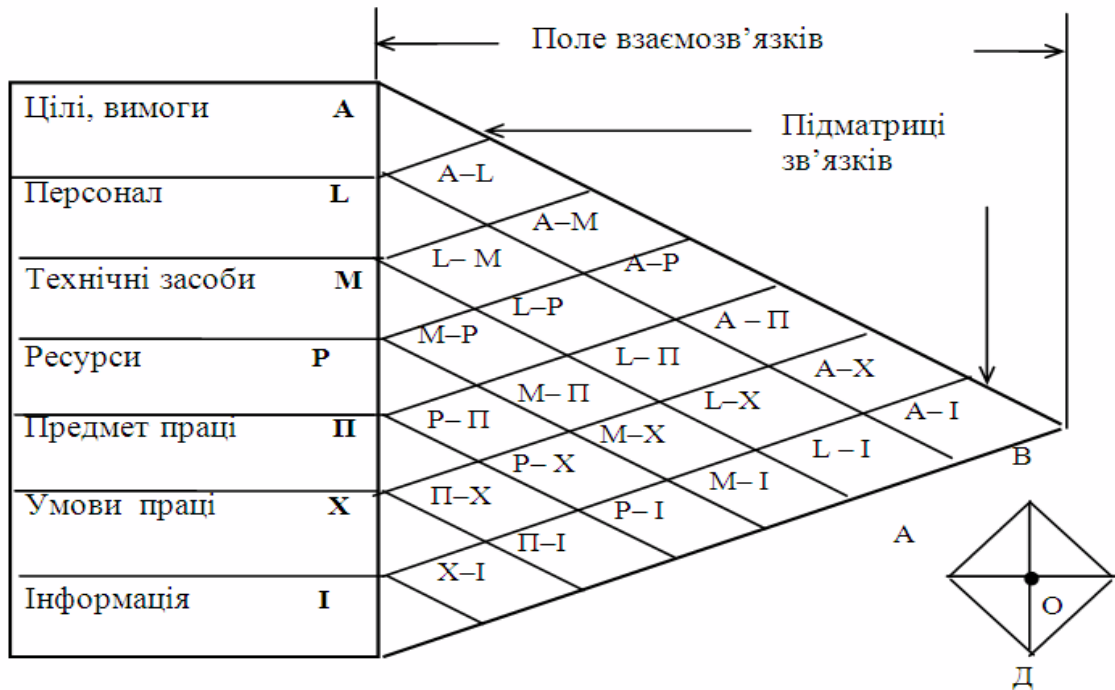


Рис. 1. Схема матриці зв'язків між факторами, що впливають на виробничу ситуацію (а) і кодування комірок (б). Умовні позначення згідно з таблицею 1

4. Аналізується кожна комірка зв'язку з кодуванням в них необхідної інформації. Інформацію зручно кодувати за принципом двійкових змінних типу "ТАК" – "НІ". Графічно їм буде відповідати наявність або відсутність певного умовного знаку (табл. 1).

5. Встановлюються на підставі експертної оцінки ситуації керовані та контрольовані фактори, що забезпечать можливості керування ситуацією з боку ОПР.

Таблиця 1

Кодування комірок матриці зв'язків

Характер інформації	Умовний знак (УЗ)	Характер зв'язку при	
		наявності УЗ	відсутності УЗ
Наявність зв'язку	АО	є	нема
Значущість зв'язку	ОС	важливий	слабкий
Керованість	ВО	керований	некерований
Контроль стану	ОД	контрольований	неконтрольований
Використання в керуванні процесом	Точка О	використовується	не використовується

6. З числа керованих факторів ОПР встановлює ті, за допомогою яких буде здійснюватися керування процесом.

3. Приклад розв'язку. Потрібно забезпечити своєчасність проведення заданого обсягу механізованих робіт (мета) і встановити ключові фактори, за допомогою яких буде втілюватися виробнича стратегія та контроль ситуації.

Отже, виробничою метою A є виконання заданого обсягу робіт у встановлені строки. Для досягнення мети у складовій “людина” – L потрібно забезпечити певний склад виробничого персоналу L_1 , стимули щодо виконання персоналом поставлених завдань L_2 , належний рівень організації праці L_3 .

У засобах праці виділимо складові “технічні засоби” – M та “ресурси” – P , які потрібно проаналізувати у всіх підсистемах згідно із структурною схемою ТхС. Зокрема, в основній виробничій підсистемі потрібно забезпечити відповідний склад машинних агрегатів M_1 , їх кількість M_2 , режим роботи M_3 , надійність M_4 . Ці ж вимоги стосуються й підсистем технологічного забезпечення та технічного обслуговування. В підсистемі управління, крім технічних засобів зв'язку, контролю, накопичення та обробки інформації важливе значення має також наявність та якість необхідної інформації I , своєчасне доведення її до персоналу.

Властивості предмета праці (поле – Π) також можуть суттєво вплинути на своєчасність та якість механізованих робіт. До керованих властивостей відноситься рівень підготовки поля (Π_1) до проведення механізованих операцій (розмітка загінок, перших проходів, поворотних смуг). Контролювати слід стан поля (Π_2), якість робіт (Π_3).

Перелік факторів можна видозмінювати і розширювати залежно від мети і конкретних природно-виробничих умов. Далі будують поле взаємозв'язків між факторами (див. рис. 2).

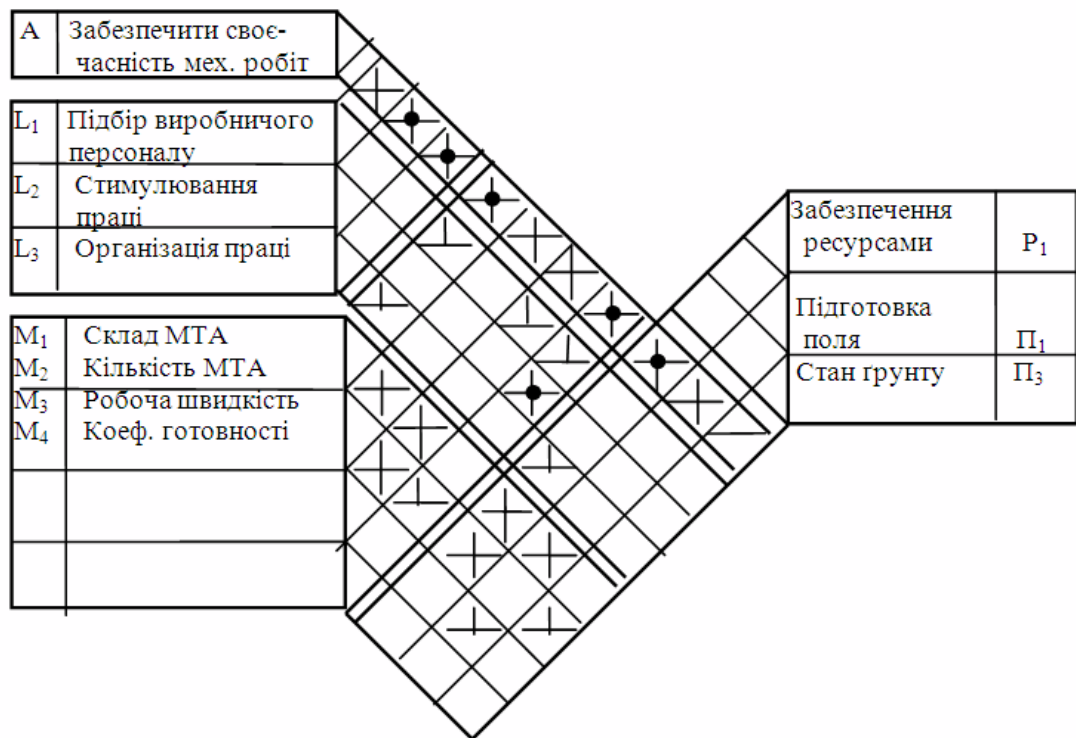


Рис. 2 Фрагмент матриці зв'язків між факторами, що впливають на своєчасність механізованих робіт. Позначення коду згідно з табл. 2

Аналізуючи комірки взаємозв'язків між окремими парами факторів, встановлюють характер зв'язків і кодують їх згідно з правилами табл. 2. Відбір факторів управління процесом та його контролювання здійснюється ОПР на підставі індивідуальної або групової експертизи.

В наведеному прикладі ОПР для управління своєчасністю робіт прийняв фактори стимулювання та організації праці, забезпечення ТхС необхідними ресурсами. Контролюється підбір виконавців, склад і режим роботи технічних засобів, підготовка поля до проведення робіт. Побудова та аналіз матриці взаємозв'язків формує системне уявлення про ситуацію і дозволяє передбачати можливі несприятливі відхилення у ході виробничих процесів.

Побудова матриці зв'язків дозволяє аналізувати вплив на досягнення мети декількох десятків факторів, що у більшості випадків достатньо для прийняття ефективних інженерних рішень. У задачах великої розмірності (більше 30 факторів) доцільно попередньо провести агрегування змінних, здійснити декомпозицію задачі, а також використовувати комп'ютерні засоби аналізу.

ТЕМА: ОЦІНКА СТРУКТУРНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

- 1. Загальне формулювання задачі.**
- 2. Алгоритм розв'язку задачі.**
- 3. Приклад структурно-параметричного аналізу ТхС.**

1. Загальне формулювання задачі. Метою структурного аналізу є оцінка повноти складу і якості композиції технологічної системи (ТхС). З цієї мети впливають такі завдання аналізу:

- * аналіз будови ТхС, наявності в системі необхідних структурно-функціональних складових, внутрішніх і зовнішніх зв'язків;
- * оцінка рівня розвитку окремих складових ТхС, включаючи основну виробничу складову та складові інфраструктури;
- * оцінка параметричної узгодженості складових, забезпеченості технічними засобами, трудовими та іншими ресурсами;
- * оцінка повноти та якості інформації, що необхідна для ефективного функціонування ТхС.

Вирішення перелічених завдань дозволяє оцінити структурну досконалість ТхС, виявити наявні недоліки та можливості їх усунення.

У загальному вигляді задачу можна сформулювати так: на підставі структурного аналізу технологічної системи дати оцінку її структурної повноти та параметричної узгодженості складових.

2. Алгоритм розв'язку задачі. Структурний аналіз ТхС рільництва доцільно проводити за типовою схемою, що наведена в п. 1.1 (див. рис. 1.1). При цьому потрібно розрізняти системи на рівні операції (ТхСО), процесу (ТхСП), технології (ТхСТ) і комплексу (ТхСК).

Структурний аналіз конкретної технологічної системи доцільно проводити в такій послідовності:

1. Формулюють мету і призначення ТхС. Встановлюють початкові дані щодо обсягів робіт, вимог і умов.

2. Формулюють мету і завдання структурного аналізу ТхС.

3. За типовою схемою ТхС складають перелік структурно-функціональних складових кожної підсистеми, що необхідні для досягнення виробничих цілей.

4. Порівнюючи склад реальної ТхС із типовою структурою, оцінюють наявність у ній необхідних структурно-функціональних підсистем, внутрішніх і зовнішніх зв'язків.

5. Якщо завдання аналізу ТхС вичерпуються оцінкою структурної повноти, то приймають рішення щодо необхідності удосконалення структури системи. Якщо ж ні – крок 6.

6. Оцінюють узгодженість параметрів ТхС за матрицею (табл. 1). На головній діагоналі матриці вписані характеристики, за якими здійснюється узгодження елемента стрічки p_i з елементами системи, що розташовані в колонках. Процедури узгодження проводяться в такій послідовності:

- * виробничі цілі узгоджують з наявними засобами ($ЦРp_j$);
- * встановлюють відповідність кількісних і якісних характеристик елементів основної виробничої складової (O, D, M_{cb}, P, I) до цілей, ресурсу часу, характеристик предмета праці ($П$) і умов (X);

- * узгоджують параметри складової технологічного забезпечення ($C3$) з основною підсистемою (CB);

- * узгоджують параметри підсистеми технічного обслуговування з параметрами CB і $C3$;

- * оцінюють наявність необхідних прямих і зворотних зв'язків підсистеми управління ($У$), засобів накопичення, обробки та передавання інформації, якості методичного, інформаційного та інструментального забезпечення прийняття рішень.

7. Приймають рішення щодо усунення структурної недосконалості, параметричної неузгодженості та непропоційності розвитку окремих складових технологічної системи.

Таблиця 1

Матриця узгодження властивостей складових частин технологічних систем

Складов <i>TxS</i>	Персонал			Технічні засоби (<i>M</i>)				Ресурси (<i>Ω</i>)					Предмет праці	Умо- ви <i>X</i>
	<i>ОПР</i>	<i>О</i>	<i>Д</i>	<i>МСВ</i>	<i>МСЗ</i>	<i>МСО</i>	<i>МУ</i>	<i>Р_М</i>	<i>Р_Е</i>	<i>I</i>	<i>T</i>	<i>P</i>		
<i>ОПР</i>	Ц	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>О</i>	+	N, Я		+	+	+	+							
<i>Д</i>	+	+	N, Я	+	+	+	+							
<i>МСВ</i>	+	+	+	N, B				+	+		+	+	+	+
<i>МСЗ</i>	+	+		+	N, B				+		+	+		+
<i>МСО</i>	+	+		+	+	N, B			+		+	+		+
<i>МУ</i>	+	+					N, B				+	+		+
<i>Р_М</i>	+			+	+			Q, B				+	+	+
<i>Р_Е</i>	+								Q, B		+	+	+	+
<i>I</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Q, Я	+	+	+	+
<i>T</i>	+										T		+	+
<i>Р_Ф</i>	+											Q	+	+
<i>Π</i>													Q, B	
<i>X</i>														X _i

Умовні позначення: *О* – оператори; *Д* – допоміжний персонал; *М* – технічні засоби підсистем; *Р_м*, *Р_Е*, *Р_Ф* – ресурси (матеріали, енергетичні, в т.ч. паливо, фінансові); *I* – інформація (умови, регламенти, вимоги агротехнічні, екологічні, безпеки праці); *T* – ресурс часу; *Π* – предмет праці; *X* – зовнішні умови.

Характеристики узгодження: *Ц* – цілі; *Я* – якісні; *N, Q* – кількісні; *B* – властивості (в т.ч. параметри); + – узгодження за відношенням відповідності ($p_i R p_j$) елемента в рядку p_i з елементом у стовпчику p_j .

3. Приклад структурно-параметричного аналізу TxS. Для хімічного захисту польових культур у господарстві є обприскувачі *ОП-2000-2-01*, *ОПШ-15-01*, *ПОМ-630*, агрегат приготування робочих сумішей *АПЖ-12*, засоби для транспортування води і робочих сумішей *ЗЖВ-3,2* і *ЗЖВ-1,8*, склад зберігання пестицидів. Для загортання гербіцидів у ґрунт використовуються культиватори *УСМК-5,4* в комплексі з *ПОМ-630*. Річний обсяг обприскування з урахуванням

кратності операцій становить $F = 2200 \text{ га}$, максимальний денний темп робіт – $W_{Tmax} = 120 \text{ га}$. Поля IV і V класу, середня відстань переїздів – $L=5 \text{ км}$. Дати оцінку структурної повноти та параметричної узгодженості складових ТхСП хімзахисту рослин господарства.

Структурно-параметричний аналіз проведемо за спрощеною схемою, яка відображає суть аналізу без деталізації всіх узгоджень таблиці 3.1. Мета і завдання аналізу ТхСП встановлені умовою задачі.

Достатність технічних засобів основної підсистеми (узгодження $N_{мсв}R Ц$) встановлюють за максимальним необхідним темпом робіт та змінним виробітком агрегатів в даних умовах. Змінна норма виробітку агрегатів з обприскувачами $W_{змо}$ на полях V класу при нормі витрати робочої суміші $H=100\text{л/га}$ із заправкою агрегату на краю поля становить:

<i>ЮМЗ-6АЛ+ОП-2000-2-01</i>	– 60 га
<i>ЮМЗ-6АЛ+ОПШ-15-01</i>	– 35 га
<i>T-70С+ПОМ-630</i>	– 42 га

Умовою достатності основних технічних засобів є:

$$\sum W_{змі} \geq W_{Tmax}. \quad (31)$$

У нашому випадку $\sum W_{змі} = 137 \text{ га}$, що більше за $W_{mmax} = 120 \text{ га}$.

Умовою достатності засобів технологічного забезпечення робіт (узгодження $N_{Мсз}R N_{Мсв}$) є:

$$\sum W_{zij} \cdot n_{ij} = idem, \quad (2)$$

де W_{zij} – годинна продуктивність i -того агрегату j -тої ланки технологічної лінії;

n_{ij} – кількість i -тих агрегатів j -тої ланки лінії;

idem – те ж саме.

Технологічне забезпечення обприскування здійснюють транспортні агрегати та агрегат приготування робочої суміші.

Для перевірки умови (2) потрібно продуктивність різних за призначенням машинних агрегатів привести до порівнянних одиниць виміру. Зокрема,

продуктивність обприскувачів потрібно виразити через витрату робочої суміші (л/год):

$$W_{zo} = (W_{zmo}/T_{zm}) \cdot H, \quad (3)$$

де T_{zm} – час нормативної зміни (для хімзахисту $T_{zm}=6$ год).

Тоді для ланки обприскувачів:

$$\sum W_{zo} \cdot n_{io} = (60/6) \cdot 100 + (35/6) \cdot 100 + (42/6) \cdot 100 = 2300 \text{ л/год};$$

для ланки приготування робочої суміші у складі

$$\text{ЮМЗ-6Л+АПЖ-12: } W_{zn} = 12000 \text{ л/год};$$

для транспортної ланки з урахуванням переїздів ($L=5$ км)

$$\sum W_{zim} = \sum V_{oi} \cdot v_{mpi} / L = (3200 + 1800) \cdot 15/5 = 15000 \text{ л/год}$$

Отже, ланки СЗ за продуктивністю значно перевищують основну ланку (агрегати для обприскування). Це означає, що основні агрегати можуть працювати безперебійно, проте параметрично ланки за продуктивністю, а також місткістю баків не узгоджені (узгодження $B_{Mc3}R B_{Mc6}$).

Аналіз стану реалізації функцій підсистеми технологічного забезпечення свідчить про відсутність деяких функцій, необхідних для якісного та безпечного проведення робіт. Зокрема, відсутні технічні засоби для попередньої підготовки пестицидів перед їх видачею (вирівнювання концентрації суспензій та емульсій), відбору закритим потоком порції пестицидів на один цикл та певний обсяг робіт (узгодження $N_{Mc3}R N_{Mc6}$).

У ланці технічного обслуговування (узгодження $N_{Mmo}RN_{Mc6}$) відсутнє обладнання для технологічної наладки обприскувачів на норму витрати, засоби експрес-контролю рівномірності розподілу рідини за шириною захвату, засоби діагностування гідравлічної системи (насосів, регуляторів тиску, розпилювачів). Відсутня зона для післязмінного ТО машин, що працюють з отрутохімікатами. Так, зона миття машин не обладнана засобами збирання мийної рідини, її очищення та утилізації.

У підсистемі управління відсутні засоби електронної обробки та аналізу інформації, оперативного зв'язку і експрес-контролю якості робочої суміші та обприскування.

Аналіз узгодження параметрів технічних засобів підсистеми СВ з предметом праці (характеристиками полів, агротехнічними вимогами) проводиться за відповідністю ширини захвату, місткості баків обприскувачів до розмірів поля та норм внесення, пристосовності МТА до мінливості (варіативності) умов і вимог (узгодження $B_{Mcb}R II$). За результатами структурно-параметричного аналізу приймаються рішення щодо удосконалення технологічної системи.

Таблиця 2

Оцінка структурної повноти та реалізації функцій складових ТхСП
хімзахисту рослин

Підсистема	Функції підсистем	Стан реалізації функцій	
		Наявність засобів	Рівень засобів
Основна підсистема (СВ)	Обприскування	Достатня	Задовільний
	Внесення гербіцидів	– * –	– * –
	Загортання гербіцидів	– * –	– * –
Технологічне забезпечення (СЗ)	Зберігання хімікатів	Достатня	Задовільний
	Підготовка хімікатів	Відсутні	Незадовільний
	Видача препарату	– * –	– * –
	Підвезення води	Достатня	Задовільний
	Приготування суміші	– * –	– * –
Транспорт. сумішей	– * –	– * –	
Технічне Обслуговування (СО)	Технологічна наладка	Недостатня	Незадовільний – * –
	Техн. обслуговування	– * –	– * –
	Діагностування	– * –	Задовільний
	Миття після зміни	Достатня	Незадовільний
	Очистка мийної рідини	Відсутня	Задовільний
	Заправка ПММ	Достатня	Задовільний
Управління технологічними процесами	Зберігання техніки	Достатня	
	Регламенти робіт	Недостатня	Незадовільний
	Інформ. забезпечення	– * –	– * –
	Контроль якості	– * –	– * –
	Прийняття рішень	– * –	– * –
Зв'язки прямі, зворотні	– * –	– * –	
Зв'язки з надсистемою	Достатня	Задовільний	

ТЕМА: АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

1. Загальне формулювання задачі.
2. Алгоритм розв'язку.
3. Приклад функціонального аналізу.

1. Загальне формулювання задачі. Функціональна організація систем оцінюється низкою показників, які відображають повноту та досконалість реалізації функцій, універсальність та здатність пристосовуватися до зміни умов і вимог.

Метою функціонального аналізу систем є оцінка рівня їх функціональної організації і втілення функцій у системі.

Задачу в загальному вигляді можна сформулювати так: визначити показники функціональної організації ТхС з метою вибору напрямку її вдосконалення.

2. Алгоритм розв'язку. Виявлення необхідних функцій зручно здійснювати побудовою функціональної моделі системи.

Функціональна модель (ФМ) – це графічне або математичне представлення впорядкованої сукупності функцій і зв'язків між ними. Графічне зображення ФМ може бути подане у вигляді графа (дерево функцій) або технологічного ланцюжка. Побудову ФМ типу технологічного ланцюжка зручно здійснювати за допомогою методу аналізу функцій *FAST (Functional Analysis System Technique)* [7]. Побудова моделі за цим методом здійснюється в такій послідовності:

1. Формулюється головна функція системи Φ_0 .

2. Формулюється основна функція, яка забезпечує виконання головної як відповідь на запитання “ЩО необхідно для здійснення заданої (головної) функції?”. На графічній моделі сформульована функція Φ_i розміщується справа від головної (рис. 3.1).

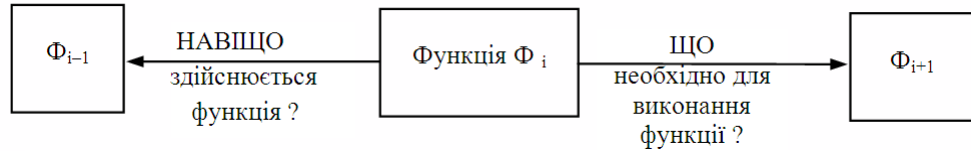


Рис. 1. Схема формулювання функцій за методом FAST

Аналогічно будуються всі наступні основні функції Φ до межі, що виходить за рамки даної ТхС. Формулюються функції, якщо можливо, двома словами – дієсловом та іменником (наприклад, “транспортувати вантажі”, “завантажувати кузов”).

3. Виявляються допоміжні функції, що забезпечують виконання основних. На графічній моделі допоміжні функції будуються над або під основною функцією (рис. 2).

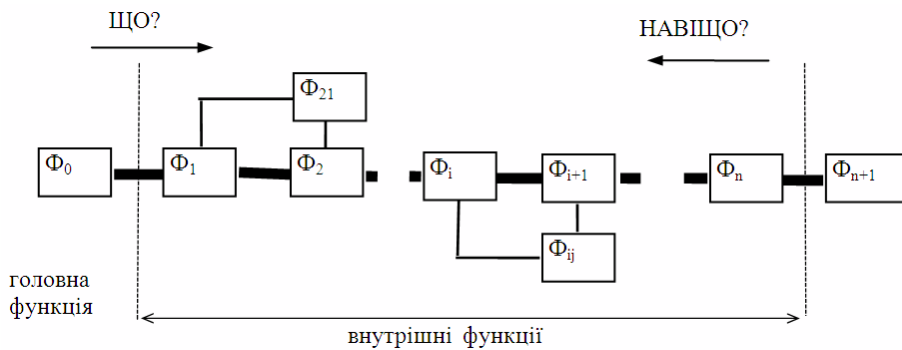


Рис. 2. Схема побудови функціональної моделі системи
Функції: Φ_0 – головна; Φ_1, \dots, Φ_n – основні; Φ_{21}, Φ_{ij} – допоміжні.

4. Правильність побудови ФМ контролюється справа наліво запитанням “Навіщо здійснюється дана функція?”. Відповіддю є функція, що розташована зліва від тієї, що аналізується. Головні і основні функції на діаграмі типу FAST становлять критичний шлях (на рис. 2 виділений товстою лінією). Допоміжні функції розташовують над або під критичним шляхом.

При побудові функціональних моделей не береться до уваги конкретне втілення функцій, а лише те, що вони мають місце в системі. Це дає можливість при проектуванні ТхС розглянути альтернативні варіанти реалізації функцій.

5. Встановлюються показники функціональної організації:

$$\text{коефіцієнт функціональної достатності} \quad k_d = N_{pz}/N_{nz} \quad (1)$$

$$\text{коефіцієнт функціональних можливостей} \quad k_\phi = N_{pz}/N_{nn} \quad (2)$$

$$\text{коефіцієнт актуалізації функцій} \quad k_a = N_n/N_c \quad (3)$$

$$\text{коефіцієнт функціонального втілення} \quad k_\epsilon = N_o/N_c \quad (4)$$

$$\text{коефіцієнт сумісності функцій} \quad k_c = 1 - N_y/N_c \quad (5)$$

$$\text{коефіцієнт пристосованості до умов} \quad k_n = r_a/r_y \quad (6)$$

$$\text{коефіцієнт гнучкості системи} \quad k_z = k_\phi k_n \quad (7)$$

У цих формулах:

N_{pz} і N_{nz} – число реалізованих у системі і необхідних користувачеві зовнішніх функцій;

N_n і N_{nn} – число функцій, що необхідні для користувача і повного використання потенційних можливостей системи;

N_c – число внутрішніх і зовнішніх функцій системи;

N_o , N_y – число основних і узгоджувальних функцій;

r_a – число регулювань і технологічних режимів, що забезпечують пристосованість системи до умов і вимог;

r_y – варіативність умов, тобто число станів умов і вимог.

Кожен із показників відображає певний аспект якості ТхС, а їх аналіз дає можливість встановити напрямки удосконалення систем з метою забезпечення корисних функцій простими і ресурсоощадними засобами. Так, коефіцієнт функціональної достатності K_d характеризує повноту реалізації необхідних користувачеві ТхС функцій. Наявність зайвих або незадіяних функцій дозволяє виявити аналіз коефіцієнта актуалізації K_a . Коефіцієнт функціонального втілення K_ϵ наближається до 1 при зменшенні числа допоміжних функцій. Сумісність функцій буде високою ($K_c \rightarrow 1$) при мінімальній потребі в узгоджувальних елементах. Коефіцієнт функціональних можливостей K_ϕ

характеризує здатність системи виконувати необхідні користувачеві зовнішні корисні функції, тобто її універсальність.

Для визначення коефіцієнтів (1-7) важливо встановити число функцій тієї чи іншої групи. Це означає, що потрібно розрізняти функцію з різними параметрами від різних за своїм призначенням і якісними характеристиками функцій. Таке розмежування потребує конкретизації чинників, що утворюють функцію, а також меж зміни параметрів окремої функції. Зовнішню функцію запишемо у вигляді

$$\Phi_3 = \langle D_3, P_3, U_C, f_Y \rangle \quad (8)$$

а функцію узгодження як

$$f_Y = \langle D_Y, P_Y \rangle \quad (9)$$

де Φ_3 і f_Y – зовнішня функція і функції узгодження;

D_3 і D_Y – дії зовнішньої і узгоджувальних функцій, які характеризують основне призначення функцій;

P_3 і P_Y – параметри зовнішньої та узгоджувальної функцій;

U_C – умови, в яких реалізується зовнішня функція, а також зовнішні вимоги до функції.

Для області визначення однієї функції характерні ознаки: незмінний зміст дії основної ($D_3 = idem$) і узгоджувальних функцій ($D_Y = idem$);

зміна параметрів функції в межах $P_3 \pm \Delta P_3$ забезпечується зміною параметрів узгоджувальних функцій $P_Y \pm \Delta P_Y$;

приспосовність функції забезпечується в межах зміни параметрів основної та узгоджувальних функцій.

Варіативність умов r_v залежить від зміни характеристик предметів праці, технологічних матеріалів, природно-виробничих умов, агротехнічних вимог і екологічних обмежень. Зокрема, якщо предметом праці є певна сільськогосподарська культура, то змінними характеристиками можуть бути: ширина міжрядь, фаза розвитку і відповідні геометричні розміри рослин, урожайність і т.п. Властивості технологічних матеріалів (добрив, пестицидів, насіння) також можуть значно відрізнитись залежно від препаративної форми

(рідина, порошок, гранули) та їх стану (злежані мінеральні добрива, розшаровані рідини, дражоване або недражоване насіння). У широкому діапазоні можуть змінюватись норми витрати технологічних матеріалів та інші агротехнічні вимоги, природно-виробничі умови (характеристики полів, відстані переїздів тощо).

Поєднання великої кількості змінних характеристик зумовлює варіативність умов, яку потрібно звести до дискретного ряду станів $\{r_{y}^i\}$. Дискретизацію умов доцільно здійснювати щодо конкретної ТхС з урахуванням необхідної зміни її параметрів чи режимів роботи або введення додаткових функцій у систему (подрібнення добрив, перемішування хімікатів, підготовка насіння). Якщо, наприклад, колія МТА $B_K=1350$ мм забезпечує роботу агрегату в міжряддях $b_M=450, 600$ і 700 мм, то в множині $\{r_{a}^i\}$ даний параметр B_K виступає як одне регулювання, а в множині $\{r_{y}^i\}$ наведений ряд b_M належить до однієї групи (одного стану). Якщо ж потрібно також забезпечити рух МТА по технологічній колії $B_K=1800$ мм, то в число умов вводиться додатковий елемент (стан), який потребує спеціального регулювання колії МТА.

Отже, сумісна оцінка функціональних можливостей і пристосовності систем дає уявлення про здатність ТхС забезпечити потреби користувачів на усій множині вимог і зовнішніх умов, або, іншими словами, характеризує гнучкість системи (3.10).

3. Приклад функціонального аналізу. На підставі функціонального аналізу оцінити рівень функціональної організації процесу хімічного захисту рослин шляхом обприскування.

На рис. 3 подана функціональна модель обприскування посівів, побудована за методом FAST. Доцільність проведення аналізу функцій ТхС підтвердимо наступним прикладом з реальної виробничої практики хімічного захисту рослин. На рисунку функція Φ_{10} відповідає попередній підготовці пестицидів до видачі.

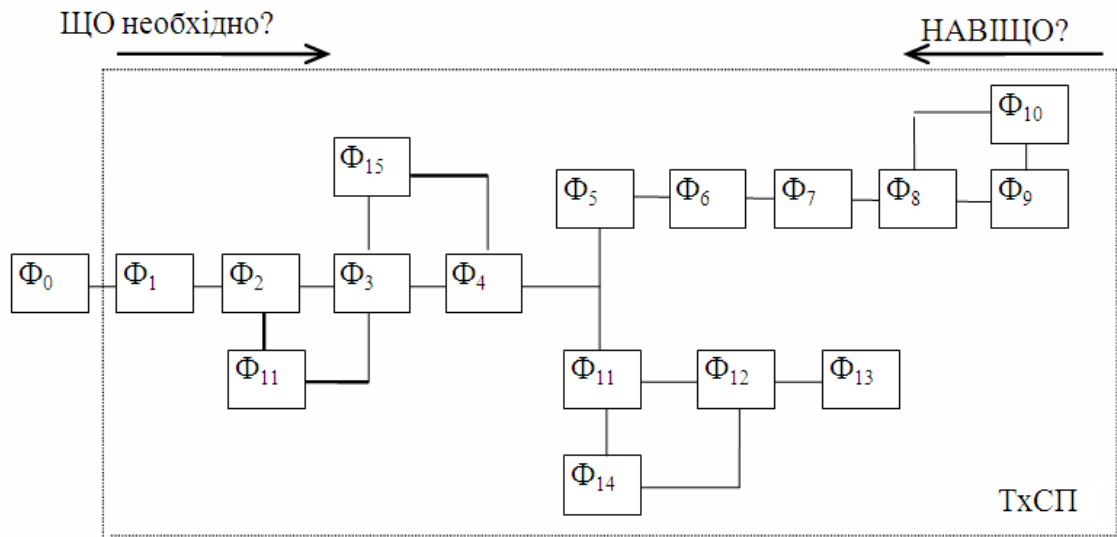


Рис. 3. Побудова функціональної моделі на прикладі процесу обприскування (ТхСП хімічного захисту рослин).

Позначення функцій: Φ_0 – захистити культурні рослини; Φ_1 – нанести пестициди; Φ_2 – заправити обприскувачі; Φ_3 – видати робочу суміш; Φ_4 – приготувати робочу суміш; Φ_5 – завантажити порцію пестицидів; Φ_6 – відібрати дозовану порцію пестицидів; Φ_7 – доставити пестициди до пункту приготування; Φ_8 – видати пестициди на певний обсяг робіт; Φ_9 – зберігати пестициди; Φ_{10} – підготувати пестициди до видачі; Φ_{11} – заправити водою засоби приготування сумішей; Φ_{12} – доставити воду; Φ_{13} – заправити водою транспортні засоби; Φ_{14} – зберігати запас води; Φ_{15} – накопичувати запас робочої суміші; Φ_{16} – доставити робочу суміш.

У багатьох випадках рідкі препаративні форми пестицидів розшаровуються при зберіганні. Невиконання функції Φ_{10} , яка для даного прикладу означає вирівнювання концентрації препарату перед його видачею, призводить до незворотно шкідливих наслідків, коли на одній частині поля корисні результати обробітку будуть відсутні через малу концентрацію діючої речовини, а на іншій – культурні рослини пошкоджуються через надмірну її концентрацію. Отже, внаслідок неякісного виконання лише однієї допоміжної функції технологічні цілі не будуть досягнуті, а обробіток дасть шкідливі результати як в економічному, так і в екологічному аспектах.

Аналіз функціональних моделей дозволяє визначити показники функціональної організованості ТхС (1-7).

Оцінимо показники основної підсистеми, в якій технологічні функції виконують агрегати з обприскувачами *ОПШ-15*, *ОПШ-15-01* і *ПОМ-630*.

Складемо перелік корисних зовнішніх функцій, який включає: суцільне обприскування сільськогосподарських культур, внесення гербіцидів, обробіток біопрепаратами, внесення рідких комплексних добрив, стрічкове внесення гербіцидів, смугове обприскування, суміщені обробітки пестицидами з підживленням і пестицидами з регуляторами росту (ретардантами), загортання у ґрунт пестицидів і добрив.

Тобто число зовнішніх корисних функцій $N_{\kappa} = 9$. Режими і умови роботи агрегатів зведемо до дискретного ряду, користуючись правилами (8 і 9). Для даного прикладу ряд характерних умов і вимог включатиме 11 варіантів: малооб'ємне обприскування (50–200 л/га), звичайне обприскування (200–300 л/га), високооб'ємний обробіток (300–600 л/га); робочі суміші у формі розчину, суспензії та емульсії; предмети праці – ґрунт, просапні культури з міжряддями 0,45–0,7 м, 0,9 м і технологічною колією 1,8 м; польові сільськогосподарські культури висотою до 0,5 м і понад 0,5 м ($r_y = 11$).

Коефіцієнт функціональних можливостей k_{ϕ} визначаємо за формулою (2), коефіцієнт пристосовності k_n – за (6) і гнучкості k_z – за (7). Показники функціональної організації ТхСО наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Показники функціональної організації ТхСО хімічного захисту і підживлення рослин

Обприскувачі	Реалізовано функцій N_{pz}	Забезпечує умови r_a	Коефіцієнти		
			k_{ϕ}	k_n	k_z
ОПШ – 15	5	8	0,55	0,74	0,41
ОПШ– 15–01	5	11	0,55	1,00	0,55
ПОМ – 630	8	11	0,90	1,00	0,90

Зростання коефіцієнта пристосовності ТхСО на базі агрегатів з обприскувачами ОПШ-15-01 порівняно з ОПШ-15 досягається наявністю в них додаткових регулювань ширини колії та кліренсу. Це дало можливість проводити обробіток польових культур з міжряддями 0,9 м і шириною технологічної колії 1,8 м, а також висотою більше 0,5 м, що суттєво підвищило

приспосовність системи до умов. Проте її гнучкість ще залишається невисокою через неможливість проведення стрічкового і смугового обприскування, підживлення і загорання пестицидів і добрив у ґрунт. Технологічна система з підживлювачем-обприскувачем *ПОМ-630* має високі значення коефіцієнтів функціональних можливостей і приспосовності, що наближає її гнучкість до граничного значення.

Аналогічно можна оцінити коефіцієнти організації всіх інших підсистем ТхС, а також системи в цілому. Таким чином, коефіцієнти функціональних можливостей, приспосовності до умов і гнучкості технологічних систем повніше характеризують їх експлуатаційні властивості, дають корисну інформацію для порівняння технічних засобів і ТхС та прийняття раціональних рішень щодо гармонізації функцій у системі.

ТЕМА: ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА.
АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

- 1. Загальне формулювання задачі.**
- 2. Методика визначення та оцінки показників технічного оснащення аграрних ТхС.**
- 3. Приклад визначення та аналізу показників технічного оснащення господарства.**
- 4. Загальне формулювання задачі аналізу показників машиновикористання.**
- 5. Методика визначення та оцінки показників машиновикористання.**
- 6. Приклад аналізу показників машиновикористання.**

1. Загальне формулювання задачі. Ефективність сільськогосподарського виробництва тісно пов'язана з рівнем механізації технологічних процесів, який, у свою чергу, залежить від структури та складу машинно-тракторного парку (МТП) господарства чи окремих ТхС.

Аналіз технічного оснащення проводиться періодично з метою виявлення наявних невідповідностей між існуючим станом механізації ТхС і можливостями підвищення рівня механізації та структурного удосконалення МТП.

У загальному вигляді задачу можна сформулювати так:

* визначити показники технічного оснащення конкретної технологічної системи та оцінити їх рівень стосовно нормативних чи потенційно можливих значень.

2. Методика визначення та оцінки показників технічного оснащення аграрних ТхС. Основними показниками технічного оснащення господарства є:

трактороза-безпеченість, машинозабезпеченість, енергонасиченість землеробства, енергоозброєність праці.

Тракторозабезпеченість (n_{mp}) визначається відношенням середньорічної кількості еталонних тракторів ($n_{mp.em}$) до 100га ріллі (F_p), тобто

$$n_{mp} = 100 n_{mp.em} / F_p = 100 \sum n_{\phi m} \lambda_m / F_p, \quad (1)$$

де $n_{\phi m}$ і λ_m – відповідно число тракторів певної марки та коефіцієнт їх переведення в еталонні трактори.

Машинозабезпеченість ($m_{сгм}$) характеризується відношенням балансової вартості с.-г. машин ($B_{сгм}$), що агрегуються з тракторами, до балансової вартості тракторів (B_m):

$$m_{сгм} = B_{сгм} / B_m \quad (2)$$

Енергонасиченість землеробства ($E_з$) оцінюється сумарною ефективною потужністю тракторів, комбайнів, самохідних машин і енергетичних засобів ($\sum N_{ен}$), що припадає на 100 га ріллі:

$$E_з = 100 \sum N_{ен} / F_p. \quad (3)$$

Енергоозброєність праці оцінюється сумарною ефективною потужністю тракторів, комбайнів, самохідних машин і енергетичних засобів ($\sum N_{ен}$), що припадає на одного середньорічного працівника (n_n), зайнятого на виробництві або на одного механізатора (n_m). Відповідні формули мають вигляд:

$$E_{он} = \sum N_{ен} / n_n \quad \text{і} \quad E_{ом} = \sum N_{ен} / n_m. \quad (4)$$

Рівень механізації виробництва або окремих його процесів згідно з [3] визначається як відношення обсягу механізованих робіт ($\Omega_{мех}$) або затрат праці ($Z_{мех}$) при механізованих роботах до загального обсягу робіт ($\Omega_{заг}$) або затрат праці ($Z_{заг}$):

$$P_{мех} = \Omega_{мех} / \Omega_{заг} \quad \text{або} \quad P_{мех} = Z_{мех} / Z_{заг}. \quad (5)$$

Рівень показників (3.13 – 3.16) визначається як відношення фактичного його значення (Π_ϕ) до нормативного або кращого з досягнутих у господарствах

певної зони (Π_n), якщо їх покращання йде в напрямку зростання (P_n^+) і навпаки, коли показники покращуються в сторону зниження (P_n^-), тобто

$$P_n^+ = \Pi_\phi / \Pi_n \text{ і } P_n^- = \Pi_n / \Pi_\phi. \quad (6)$$

За рівнем показників технічного оснащення виробництва роблять висновки щодо його удосконалення і розвитку.

3. Приклад визначення та аналізу показників технічного оснащення господарства. Фермерське господарство зерно-бурякового напрямку з площею ріллі $F=100$ га (зернові колоскові – 80 га, цукрові буряки – 20 га) розташоване в зоні західного Лісостепу. Середньорічна кількість працівників $n_n=5$, у тому числі механізаторів $n_m=2$. Склад машинно-тракторного парку (МТП) наведений в табл. 1.

Таблиця 1

Склад і характеристики МТП господарства

Назва і марка с.-г. техніки	Число, шт	$N_{ен}$, кВт	Б, тис.грн.
Трактор ДТ-75М	1	66	80,0
Трактор ЮМЗ-6Л	1	43	35,0
Електродвигуни	3	$\Sigma N_{ен}=10$	1,0
Плуг ПЛН-4-35	1		3,5
Борони БЗСС-1	12		0,8
Культиватор УСМК-5,4	1		10,0
Розкидач орг. добрив РУН-15Б	1		8,0
Сівалка зернова СЗ-3,6А	2		10,0
Сівалка бурякова ССТ-12В	1		15,0
Обприскувач-підживлювач ПОМ-630	1		12,0
Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-0,5	1		3,0
Причіп 2ПТС-4	1		10,0
Зчіпка СП-11А	1		9,0
Луцильник ЛДГ-5А	1		9,0
Навантажувач ПЕ-0,8	1		10,0

Оцінити показники технічного оснащення господарства та рівень механізації виробництва с.-г. культур порівняно з досягнутими показниками в природно-виробничій зоні.

Розрахунки проводять за формулами (1-6). Зокрема:

тракторозабезпеченість

$$n_{mp} = 100 \sum n_{fm} \lambda_m / F_p = 100 \cdot (1,1 + 0,6) / 100 = 1,7;$$

машинозабезпеченість

$$m_{сзм} = B_{сзм} / B_m = 100,3 / 115 = 0,87;$$

енергонасиченість землеробства

$$E_з = 100 \sum N_{ен} / F_p = 100 \cdot 119 / 100 = 119 \text{ кВт}/100\text{га};$$

енергоозброєність праці

$$E_{он} = \sum N_{ен} / n_n = 119 / 5 = 23,8 \text{ кВт}/\text{пр.}.$$

Порівняння показників технічного оснащення проведемо із середньостатистичними даними для зони (табл. 2).

Таблиця 2

Показники технічного оснащення господарства

Показник	Значення показників		Рівень P_n
	P_ϕ	P_n	
Тракторозабезпеченість, е.т./100га	1,7	1,9	0,89
Машинозабезпеченість	0,87	2,5	0,35
Енергонасиченість, кВт/100га	119	350	0,34
Енергоозброєність праці, кВт/пр.	23,8	19,2	1,24
Затрати праці на виробництво цукрових буряків люд.год/ц	1,4	0,77	0,55
Затрати праці на виробництво зернових культур люд.год/ц	1,35	1,14	0,79

Аналіз показників оснащення фермерського господарства свідчить про неукомплектованість його необхідними наборами машин для тракторів (рівень машинозабезпеченості $P_m=0,35$). Відсутність збиральної техніки потребує залучення до збирання машинно-технологічних станцій. Відсутність засобів для механізованого подрібнення та змішування добрив, післязбиральної обробки зерна та ряду допоміжних операцій знижує рівень механізації процесів і підвищує трудомісткість продукції.

Дещо вищий порівняно із середньостатистичними даними рівень енергоозброєності праці пояснюється насамперед малою кількістю зайнятих працівників. Проте якщо порівнювати цей показник із економічно розвиненими країнами, то цей показник є дуже низьким. Наприклад, у США для фермерських господарств він становить у середньому $E_{on}=110\text{кВт/пр.}$, тобто $P_{on}=23,8/110=0,22$.

На підставі аналізу показників технічного оснащення та рівня механізації окремих процесів приймається рішення щодо розвитку технологій та технічної бази господарства.

4. Загальне формулювання задачі. Визначення, аналіз і оцінка показників машиновикористання є необхідною складовою управління ефективністю механізованого виробництва. До найважливіших показників належать обсяг (Ω_m) і щільність (ω_m) механізованих робіт, річний та змінний виробіток трактора (Ω_m), коефіцієнт своєчасності механізованих робіт ($k_{св}$), коефіцієнт змінності ($k_{зм}$), питома витрата палива на еталонний гектар (g_n).

У загальному вигляді задача формулюється так: визначити показники машиновикористання в конкретній технологічній системі та оцінити їх рівень стосовно нормативних чи потенційно можливих значень.

5. Методика визначення та оцінки показників. Річний обсяг механізованих робіт визначається як сума виробітків окремих МТА на різних операціях протягом року в умовних еталонних гектарах:

$$\Omega_m = \sum_i \sum_j \lambda_j N_{зм} T_{зм} \quad (7)$$

де λ_j – еталонна годинна продуктивність j -го МТА, у.е.га/год;

$N_{зм}$ – число нормозмін на виконання i -тої операції;

$T_{зм}$ – тривалість нормативної зміни, год.

Щільність механізованих робіт може визначатися як у господарстві, так і для окремих с.-г. культур. Цей показник характеризується відношенням обсягу

механізованих робіт Ω_M (у господарстві чи щодо культури) до площі F_n ріллі або певної культури:

$$\omega_M = \Omega_M / F_n. \quad (8)$$

Своєчасність робіт забезпечується умовою

$$T_{3M} \sum_j W_j n_j k_{3M} \geq \Omega / D_p, \quad (9)$$

де W_j - продуктивність j -го МТА за годину змінного часу;

n_j - число агрегатів j -го типу;

Ω_M - обсяг робіт у фізичних одиницях;

D_p - число днів, протягом яких потрібно виконати роботи;

T_{3M} - тривалість нормативної зміни;

k_{3M} - коефіцієнт змінності.

Для загальної оцінки рівня виконання робіт в оптимальні агротехнічні строки (P_{CB}) використовують відношення фактичного обсягу робіт, що виконаний в оптимальні строки (Ω_H), до запланованого ($\Omega_{HП}$):

$$P_{CB}^+ = \Omega_H / \Omega_{HП}. \quad (10)$$

Проте варто враховувати, що своєчасність залежить як від обсягів, так і від тривалості робіт, проведених поза оптимальними строками. Уточнений показник своєчасності робіт для особливо відповідальних щодо строків їх проведення (сівба, збирання, хімічний захист) можна виразити через обсяги виконаної роботи в межах нормативного агротехнічного строку (Ω_H) і поза його межами ($\Delta\Omega$), а також нормативне число днів (D_H) і відхилення від нього (ΔD):

$$K_{CB} = \frac{\Omega_H D_H}{\Omega_H D_H + \Delta\Omega \Delta D} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta\Omega}{\Omega_H} \cdot \frac{\Delta D}{D_H}} = \frac{1}{1 + \omega_c t_c} \quad (11)$$

за умов:

$$\Delta\Omega = \Omega - \Omega_H$$

$$\Delta D = D_{HП} - D_H, \text{ якщо } D_{HП} > D_{фн}, D_{фз} \leq D_{Hз}$$

$$\Delta D = D_{\phi z} - D_{нз}, \text{ якщо } D_{\phi z} > D_{нз}, D_{\phi n} \geq D_{нн}$$

$$\Delta D = (D_{нн} - D_{\phi n}) - (D_{\phi z} - D_{нз}), \text{ якщо } D_{нн} > D_{\phi n}, D_{\phi z} > D_{нз}$$

$$\Delta D = 0, \text{ якщо } D_{\phi n} \geq D_{нн}, D_{\phi z} \leq D_{нз},$$

де $D_{нн}$ і $D_{\phi n}$ - порядкові номери днів від початку року відповідно нормативного і фактичного початку операції;

$D_{\phi z}$ і $D_{нз}$ - порядкові номери днів нормативного і фактичного завершення операції.

Показник своєчасності робіт бажано мати близьким до 1, тобто $\Delta \Omega \rightarrow 0$ і $\Delta D \rightarrow 0$.

Середньорічна питома витрата палива на еталонний гектар визначається відношенням

$$g_n = G_{np} / \Omega_m, \quad (12)$$

де G_{np} - загальна витрата палива на виконання механізованих робіт за рік, кг.

Рівень питомої витрати палива стосовно нормативного значення показника $g_{нн}$ визначається як

$$P_{cs} = g_{нн} / g_n. \quad (13)$$

Коефіцієнт змінності роботи тракторів розраховується за формулами:

$$\text{у певному періоді} \quad k_{зм} = T_{\phi} / T_{нзм} D_p, \quad (14)$$

$$\text{за рік} \quad k_{зм} = N_{мзм} / N_{мод}, \quad (15)$$

де T_{ϕ} - фактичний час роботи трактора за D_p днів, год;

$T_{нзм}$ - тривалість нормативної зміни, год;

$N_{мзм}$ і $N_{мод}$ - відповідно число машинозмін і машиноднів.

6. Приклад аналізу показників машиновикористання. Оцінити рівень показників машиновикористання у фермерському господарстві попереднього прикладу порівняно з нормативними для даної природно-виробничої зони їх значеннями, а також коефіцієнт своєчасності збирання зернових. Початок

збирання зернових у зоні за середньостатистичними даними – 21.07, фактичний початок збирання в господарстві – 29.07. Вихідні дані наведені в табл. 3.

З аналізу таблиці випливає, що середньорічний виробіток тракторів і щільність механізованих робіт є нижчими від нормативних значень для даної зони. Це зумовлено, насамперед, недостатньою кількістю с.-г. машин до тракторів (див. попередній приклад). Рівень річного виробітку становить:

$$P_{cv}^+ = \Omega_{p.f.} / \Omega_{p.n} = 823,5 / 1400 = 0,59.$$

Паливна економічність роботи тракторів є дещо кращою порівняно з нормативними даними. Рівень питомої витрати палива складає:

$$P_{cv}^- = g_{nv} / g_n = 7,8 / 7,2 = 1,08.$$

Таблиця 3

Фактичні та нормативні дані показників машиновикористання для господарства західного Лісостепу

Назва показників машиновикористання	Значення показників	
	фактичні	нормативні
Площа ріллі, га	100	
Площа під зерновими культурами, га	80	
Річний обсяг механізованих робіт, е.га	1400	
Річний виробіток трактора, е.га/е.тр.	823,5	1400
Щільність механізованих робіт е.га/га	14	22
Річна витрата палива, кг	10080	
Питома витрата палива, кг/е.га	7,2	7,8
Початок збирання колоскових зернових	27.07	21.07
Тривалість збирання, днів	5	7
Денний темп збирання, га	16,0	

Збирання колоскових зернових культур за оптимальними строками мало б розпочатися на 203 день ($D_{nz}=208$) і завершитися на 210-й день року ($D_{nz}=210$). Фактично роботи розпочалися на 209-й ($D_{fn}=209$) і завершилися на 214-й день ($D_{fz}=216$). Отже, перевищення оптимальних строків становило $\Delta D = D_{fz} - D_{nz} = 214 - 210 = 4$ дні. При фактичному денному темпі робіт 16 га площа

несвоєчасно зібраного врожаю становить $\Delta Q=16 \cdot 4= 64$ га. Тоді згідно з формулою (3.23) коефіцієнт своєчасності становить:

$$k_{св} = 1 / (1 + \frac{\Delta Q}{Q_H} \cdot \frac{\Delta D}{D_H}) = 1 / (1 + \frac{64}{80} \cdot \frac{4}{5}) = 0,61.$$

За результатами аналізу показників машиновикористання обґрунтовують заходи щодо удосконалення структури і складу технічних засобів, планування та організації механізованих робіт, управління технологічними системами.