Лекція 3

Суть і сфера застосування функціонально-ресурсного проектування.

Метою лекції є засвоювання поняття функціонально-ресурсного проектування, вміння проведення функціонально-вартісного аналізу (ФВА**)** та функціонально-ресурсного проектування.

План лекції

1 Основні поняття і положення фва

2 Загальна схема проведення фва та побудова функціонально-вартісних діаграм.

3 Обґрунтування критеріїв корисності та затрат. Класифікація і аналіз структурно - функціональних моделей

Опис питань

1 Основні поняття і положення фва

Вдосконалення методів виробничої діяльності спеціалістів інженерної служби передбачає збільшення долі *критеріального прийняття рішень* замість випадкового і вольового.

Останнім часом при проектуванні та вдосконаленні технічних і виробничих систем, пошуках раціональних форм організації виробництва широко використовується функціонально-вартіснии аналіз (ФВА). Він об'єднує різні методи колективного аналізу систем, творчого пошуку, оптимізації та вибору рішень.

ФВА базується на системному дослідженні структури функцій об'єкту, співставленні їх корисності та вартості реалізації. Метою аналізу є забезпечення необхідної корисності системи при мінімально можливих сукупних затратах. Отже, прийняття рішень при ФВА здійснюється на основі двох критеріїв — корисності та вартості.

У процесі розвитку ФВА були розроблені процедури не лише аналізу, а й синтезу раціональних систем. Сформувалась методологія функціонально-

вартісного проектування (ФВП). На даний час ФВА і ФВП є практично технологією обгрунтування раціональних рішень у різних сферах виробничої діяльності спеціалістів (проектування, експлуатація, організація, керування тощо).

Дослідження систем при ФВП спирається на функціональний підхід, при якому система розглядається як сукупність функцій, що нею виконуються. Далі ведуться пошуки кращого принципу реалізації цих функцій. При вдосконаленні технічних і виробничих систем функціональний підхід не сковує уяви ОПР (особи, що приймає рішення) конкретним матеріальним втіленням функції і відкриває можливості для прийняття принципово нових ефективних рішень.

Розглянемо приклад формулювання задачі при предметному і функціональному підходах:

У першому випадку область пошуку рішення обмежена конкретним матеріальним втіленням функції розподілу насіння (сівалка СЗТ-3,6). У другому — задана лише функція, яку необхідно реалізувати. Це дозволяє розглянути і нетрадиційні способи реалізації функції, наприклад, робочі органи тукових сівалок відцентрового типу, вентиляторні робочі органи з розсіваючим повітряним потоком та ін. Остаточне рішення приймають на основі співставлення корисності функції в тому чи іншому виконанні (наприклад, продуктивність і якість) і сукупних затрат, що необхідні на її реалізацію.

Таким чином, функціональний підхід дозволяє на етапі формування вихідних варіантів абстрагуватися від вже існуючих рішень з тим, щоб на етапі прийняття остаточного рішення вибрати найефективніший варіант. Функціональний підхід є основним принципом ФВА.

При проведенні ФВА важливо чітко визначити і класифікувати функції системи.

Ф у н к ц і я як форма прояву властивостей системи здійснюється шляхом перетворення за певних умов вхідних впливів у вихідні результати. В вже наводилось тестове запитання, що дозволяє сформулювати функцію як прямий або опосередкований результат певної дії системи чи елемента.

При формулюванні функцій рекомендується дотримуватись таких правил:

-лаконічність формулювання (при можливості двома словами — дієсловом та іменником);

-бажано, щоб іменник мав певний фізичний зміст і розмірність.

Друга вимога пов'язана з оцінкою рівня виконання функції, встановлення співвідношення між корисністю і затратами.

Так, функція транспортера «переміщувати вантажі» сформульована за принципом двох слів. Іменник «вантажі» має розмірність маси, що дозволяє оцінювати відповідність функції конкретній потребі (корисність).

Проте не завжди дотримання перелічених вимог є можливе. Наприклад, функція прожектора «освітлювати віддалені об'єкти» не може бути сформульована за принципом двох слів, бо порушується його цільове призначення. Іменник «об'єкти» також не має розмірності, яка в даному випадку може бути несуттєвою. Якщо ж поле освітлення має значення, то «об'єкти» доцільно замінити на «поверхні», тобто у визначення вводиться розмірність площі.

Зовнішня функція реалізується системою (елементом) при взаємодії з середовищем (надсистемою), внутрішня — при взаємодії в системі.

Головна функція — це зовнішня функція, яка відображає мету і призначення системи.

Основна функція — внутрішня функція, що забезпечує реалізацію споживчих вартостей об'єкту, його функціональну придатність. Розрізняють основні функції прийому (вводу), передачі, перетворення, зберігання, видачі речовини, енергії або інформації.

Допоміжна функція сприяє реалізації основних і також є внутрішньою.

Наприклад, для зернової сівалки як технічної системи головною є функція «розподіляти насіння». Основними будуть функції: транспортувати насіневий матеріал і добрива, дозувати подачу в розподільну систему. Допоміжними — несучі, з'єднувальні, привідні та інші функції.

При аналізі технічних чи виробничих систем необхідно розрізняти корисні, нейтральні, надлишкові (зайві) та шкідливі функції. Таке розмежування має на меті оцінку міри корисності функцій і є важливим, бо раціоналізація виробництва передбачає оптимізацію складу функцій і мінімізацію затрат на їх реалізацію.

Об'єктами ФВА у сфері машиновикористання можуть бути: машино-тракторний парк, технологія вирощування сільськогосподарських культур, виробничий процес, технологічна операція, машинно-тракторний агрегат, окремі технічні засоби, виробничий об'єкт, організація робіт, система керування виробничими процесами тощо.

2 Загальна схема проведення фва та побудова функціонально-вартісних діаграм.

ФВА як системне дослідження здійснюється за певним планом, який передбачає раціональну послідовність етапів. Переважно виділяють 7 етапів проведення ФВА: підготовчий, інформаційний, аналітичний, творчий, дослідницький, рекомендаційний та етап впровадження рекомендацій.

Підготовчий етап включає вибір об'єкту аналізу, формування робочої групи ФВА, постановку задач і загальної мети дослідження.

Інформаційний етап полягає в підготовці, систематизації та аналіз інформації, що необхідна для досягнення загальної мети. На цьому етапі здійснюється формулювання корисності та затрат, розробляють дерево цілей ФВА, задають систему критеріїв і процедури прийняття рішень.

Аналітичний етап передбачає проведення структурного і функціонального аналізу, побудову структурної (СМ) і функціональної (ФМ) моделей системи або об'єднаної структурно-функціональної моделі (СФМ). За результатами функціонального аналізу виявляють зайві або недостатні функції, неузгодженість характеристик функцій (наприклад, продуктивності окремих ланок технологічного процесу). Проводять аналіз затрат на виконання окремих функцій і будують функціонально-вартісні діаграми (ФВД), виявляють невідповідність між значимістю функції та затратами на її реалізацію. На цьому етапі формулюють задачі усунення суперечностей і невідповідностей.

Творчий етап спрямований" на пошуки ефективних рішень, які дозволили б усунути суперечності і невідповідності, що були виявлені на попередніх етапах. При цьому використовують методи активізації творчого процесу для знаходження нетривіальних розв'язків поставлених завдань, формується вихідна множина альтернатив (ВМА). На цьому етапі можуть застосовуватись оптимізаційні методи, а також поєднання різноманітних методів обгрунтування раціональних рішень.

Дослідницький етап передбачає всесторонню оцінку ВМА чи одного варіанту рішення за частковими і узагальненими критеріями, перевірку їх відповідності до існуючих вимог і обмежень. На цьому етапі здійснюється прийняття рішення та розрахунок ефекту від його реалізації.

Рекомендаційний етап включає розробку заходів для реалізації прийнятих рішень із зазначенням виконавців і строків, організаційну і технічну підготовку виробництва, стимулювання робіт і вдосконалення технічних чи виробничих систем.

Етап впровадження — це безпосередня реалізація рекомендацій ФВА відповідно до розроблених планів.

Укрупнена блок-схема проведення ФВА дозволяє впорядкувати організацію аналізу і характеризує основні результати кожного з наведених вище етапів. Розглянемо коротко зміст кожного з кроків даної блок-схеми.

П о ч а т о к відноситься до підготовчого етапу проведення ФВА, який завершується формулюванням загальної мети. Приклади постановки задач ФВА наведені нижче.

Приклади задач ФВА в машиновикористанні

Об'єкт	*Мета*
Машинно-трактор ний парк Технологія вирощування сільськогосподарських культур Виробничий процес, технологічнаоперація Виробничий об'єкт (зона, робоче міс- це)	Забезпечити заданий рівень своєчасності проведення робіт з мінімальними приведе- ними витратами Досягнути запрограмованного врожаю з мі- німальними експлуатаційними витратами Досягнути необхідної продуктивності з мі- німальними прямими або приведеними за- тратами *Варіант 1.* Забезпечити задану

Технічний засіб Організація робіт	пропускну здатність із мінімумом приведених затрат *Варіант 2.* При заданому рівні затрат під- вищити пропускну здатність об'єкту Забезпечити необхідні функціональні показ- ники з мінімальними експлуатаційними ви тратамиЗабезпечити виконання заданого обсягу ро- біт з мінімальними затратами коштів (або робочого часу)

Крок 1. На основі зібраної і проаналізованої інформації задаються вихідні дані, формулюються вимоги до функціонування об'єкту. Стосовно до сільськогосподарської техніки це можуть бути агротехнічні, маневрові, енергетичні, екологічні та інші вимоги і обмеження.

Крок 2. Формулюється корисність об'єкту аналізу. Корисність системи характеризує її споживчі якості, ступінь виконання нею свого функціонального призначення. Для технічних засобів, виробничих систем — це, насамперед, показники, що характеризують головну функцію.

Особливості формулювання корисності для різних сільськогосподарських систем розглядаються окремо.

Крок 3. Формулюються затрати, на зниження яких спрямований аналіз. Види затрат також розглядаються нижче стосовно до різних об'єктів аналізу.

Крок 4. Здійснюється побудова дерева цілей ФВА, обгрунтування часткових і загальних критеріїв корисності і затрат.

Цим кроком завершується інформаційний етап ФВА.

Крок 5. Здійснюється структурний і функціональний аналіз об'єкту. Будується структурно-функціональна модель (СФМ) Зокрема, для побудови ФМ використовується метод FAST.

Крок 6. Проводиться аналіз СФМ на достатність функцій, виявлення надлишкових і шкідливих функцій, узгодженість характеристик взаємопов'язаних функцій. Детальніше аналіз функціональної організованості систем розглядається нижче.

Крок 7. Здійснюється аналіз значущості функцій та затрат на їх реалізацію, будується функціонально-вартісна діаграма (ФВД). Виявляються невідповідності між значущістю і затратами, резерви зниження затрат.

Крок 8. Обґрунтування вихідної множини альтернатив (ВМА), тобто можливих варіантів вдосконалення системи, усунення невідповідностей між значущістю функцій і затратами на її реалізацію. На даному кроці широко використовують методи вирішення творчих завдань, колективної творчості.

Крок 9. Обґрунтування раціональних параметрів і характеристик системи на основі моделювання її використання, вирішення оптимізаційних задач.

Крок 10. Оцінка варіантів рішень за узагальненими критеріями корисності та затрат, а також на дотримання вимог і обмежень.

Крок 11. Логічна операція на забезпечення вимог хоча б одним з варіантів ВМА. Якщо жоден із варіантів не задовольняє вимог, повторюють цикл від кроку *8,* тобто творчий етап.

Крок 12. Реалізуються процедури прийняття рішення щодо вдосконалення об'єкту аналізу. Переважно рішення при ФВА і ФВП приймається за величиною двох критеріїв— корисності та затрат. Але можливі варіанти прийняття рішення на основі одного критерію або більше двох критеріїв.

Крок 13. Здійснюється розрахунок ефективності вибраного варіанту вдосконалення системи, яким завершується дослідницький етап ФВА.

Крок 14. Розробляється план впровадження рекомендацій ФВА.

Крок 15. Впровадження рекомендацій ФВА.

Наведена схема ФВА є лише орієнтовною, а розмежування етапів — значною мірою умовним. Творче вирішення задач ФВА необхідне практично на кожному етапі.

3 Обґрунтування критеріїв корисності та затрат. Класифікація і аналіз структурно - функціональних моделей

У зв'язку з тим, що рішення про вдосконалення об'єкту при ФВА приймається на основі співставлення корисності і затрат як по окремих функціях, так і по системі в цілому, важливо корисність і затрати виразити кількісно у вигляді критеріїв.

Поняття корисності в економічній і спеціальній літературах має різні тлумачення, які характеризують результати певних функцій, рішень. У даній роботі розглядається корисність як прояв результатів головної функції системи, тобто її споживних вартостей. Для оцінки ролі внутрішніх функцій в реалізації системою головної функції будемо вживати термін значущість. Виходячи з цього, дамо наступні визначення.

Корисність системи є мірою виконання нею свого функціонального призначення стосовно до потреб суспільства чи окремих споживачів.

Значущість функції — це характеристика, що відображає роль даної функції в реалізації функції більш високого структурного рівня.

Корисність системи проявляється в надсистемі, тому, перш ніж формулювати корисність, необхідно встановити границі надсистеми.

Так, корисність МТА проявляється на множині природно-виробничих умов і технологій, що й обумовлює границі надсистеми.

При обгрунтуванні узагальненого критерію корисності доцільно дотримуватись наступної послідовності:

-спершу дається словесне формулювання корисності, яке повинно розкрити основне призначення системи;

-встановлюються ті властивості системи, які найбільш суттєво підвищують її корисність;

-формулюється узагальнений критерій, що має кількісний вираз, відповідає основному призначенню системи і враховує ті основні властивості системи, які безпосередньо формують її корисність;

-встановлюється аналітична залежність узагальненого критерію корисності від часткових;

-ті часткові критерії, що не ввійшли в аналітичний вираз узагальненого критерію, можуть бути переведені в обмеження, якщо їх величина є обов'язковою для всіх альтернативних варіантів.

Такий підхід дозволяє в багатьох випадках встановити узагальнений критерій, який має фізичний зміст і розкриває природні зв'язки корисності з параметрами системи.

Так, корисність МТА для обприскування можна сформулювати у вигляді: забезпечувати хімічний захист рослин.

Далі ставимо запитання: які властивості агрегату найбільш суттєво підвищують корисність? Очевидно, до їх числа відноситься повнота і рівномірність обробітку об'єктів захисту (6_g), експлуатаційна продуктивність ($W_{ек}$), здатність пристосуватись до умов роботи і вимог технологій (розмір полів, рельєф, характеристики рослин, норми внесення, різні препаративні форми пестицидів та ін.), висока екологічність обробітку (Е). Пристосованість до умов можна виразити коефіцієнтом функціональних можливостей Кф, зміст якого буде розкритий нижче. Ступінь нерівномірності обробітку входить в екологічність, бо впливає на величину коефіцієнту корисного використання пестицидів. Отже, узагальнений критерій корисності можна записати як:

$$Q_0=f\ (W_{ek},\ k_ф,\ E)$$

або в загальному вигляді

$$Q_0 = f(x_i), \qquad (4.1)$$

де x_i – і-та споживча властивість системи.

Узагальнений критерій типу (4.1) може бути встановлений на основі моделювання фізичної суті виробничого процесу і часткових показників корисності. Ця задача суттєво спрощується, якщо екологічність розглядати як обмеження. У випадках, коли зв'язки між узагальненим і частковими критеріями корисності не вдається виразити у вигляді однієї цільової функції з фізичним змістом, узагальнений критерій можна подати в адитивній формі.

При вирішенні задач машиновикористання доцільно розрізняти корисність з точки зору індивідуального споживача, серійного виробництва технічних засобів, а також систем загального призначення. Потреби індивідуальних споживачів можуть бути істотно відмінними, а відповідно і функція корисності буде різною. Корисність з точки зору проектування

систем повинна враховувати запити індивідуальних споживачів і формуватись на певних статистичних усередненнях. У третьому випадку корисність може бути строго детермінованою і не залежати від суб'єктивних уподобань. Наприклад, прилади для діагностування технічного стану машин, системи грозозахисту, обладнання зони технологічної наладки машин матимуть детерміновану функцію корисності.

Затрати при ФВА виступають як плата за корисність. Узагальнений критерій затрат при проектуванні технічних чи виробничих систем враховує витрати на всіх етапах життєвого циклу системи (розробка проекту, виготовлення, експлуатація, ліквідація і утилізація системи).

Стосовно до задач машиновикористання затрати на проектування і виготовлення технічних засобів, накладні витрати входять у ціну машин. Доля експлуатаційних витрат у цьому випадку має основне значення для прийняття раціональних рішень. Важливо зазначити, що вони інколи можуть бути в десятки раз більшими від балансової вартості машин. Так, для автомобілів за весь строк служби експлуатаційні витрати перевищують їх балансову вартість більше ніж у ЗО разів.

Зниження експлуатаційних витрат є важливою народногосподарською задачею і метою ФВА. Найпоширенішими одиницями виміру затрат є грошові. Проте інколи доцільніше використовувати енергетичні еквіваленти затрат, особливо якщо в задачі ФВА входить пошук резервів ресурсозбереження і підвищення екологічності виробничих систем.

Таким чином, при проведенні ФВА важливо чітко розмежувати показники корисності і затрат, вивести відповідні часткові та узагальнені критерії для наступного аналізу системи і прийняття ефективного рішення. Таке розмежування має ряд переваг. По-перше, узагальнені критерії є однорідними: корисність відображає функціональні властивості системи, затрати — вартісні. По-друге, і корисності, і затратам характерні адитивні властивості, тобто узагальнюючі показники можуть бути подані у вигляді суми часткових. Це полегшує побудову узагальнюючих критеріїв, дозволяє встановити внесок окремих факторів у корисність чи затрати. Приклади формулювання корисності і затрат наведені в табл. 10.

Проте виникає проблема процедури прийняття рішення за двома критеріями. У зв'язку з цим вважається правильною постановка мети ФВА в одному з двох варіантів:

10. Приклади критеріїв корисності і затрат у задачах машиновикористання

Задача ФВА	Функція корисності	Функція затрат
Проектування нафтогосподарства	Зберігання запасу нафтопродуктів при необхідній пропускній здатності $Q_o = f(Q_p, \mu)$	Сукупні затрати на проектування, реалізацію проекту і експлуатацію нафтогосподарства $C=S_п + S_р + S_е$
Вдосконалення структури і складу МТП	Забезпечення необхідного рівня механізації і своєчасності робіт із врахуванням прогнозу розвитку $Q_o = f(\Omega, \tau_{св}, \varepsilon)$	Приведені затрати $S_{пр}= S+eK$
Заміна старих технічних засобів новими	Підвищення продуктивності праці, пристосовності до конкретних умов і екологічності $Q_0=f(W_{ek}, k_ф, \varepsilon)$	Приведені затрати $S_{пр}$

при заданій величині критерію корисності системи мінімізувати сукупні затрати (найпоширеніший варіант ФВА); при заданій величині сукупних затрат досягнути максимуму корисності.

У такій постановці мети один з критеріїв виступає як обмеження і задача зводиться до однокритеріальної. Все ж варто пам'ятати, що в багатьох випадках можливі такі рішення, які дозволяють одночасно підвищити корисність системи і знизити сукупні затрати. Крім того, існують ефективні процедури прийняття рішень за декількома критеріями, які розглядаються в наступних розділах.

Після встановлення часткових і узагальнених критеріїв будують дерево цілей ФВА.