Лекція 1

РОЛЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ ТА СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В ІНЖЕНЕРНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.

Метою лекції є засвоювання поняття технічні і технологічні системи, вміння системного підходу до аналізу систем та при формуванні інженерних задач

План лекції

1 Інженерна діяльність.

2 Технічні і технологічні системи.

3 Структура і формування інженерних задач.

4 Класифікація методів, аналізу систем і прийняття рішень.

Опис питань

1 Інженерна діяльність.

Підвищення продуктивності праці та поліпшення якості механізованих робіт, забезпечення роботоздатності техніки, формування раціональної матеріально-технічної бази виробництва й покращання екологічності виробничих процесів, енерго- і ресурсозбереження — ці та багато інших завдань, вирішення яких відноситься до компетенції спеціалістів інженерної служби, суттєво впливають на ефективність виробництва, його кінцеві результати.

На даний час стан використання техніки і рівень інженерного забезпечення виробництва у більшості випадків не відповідає новим вимогам і виробничим відносинам. Потенційні можливості техніки за продуктивністю недовикористовуються на 20...25 %, невідповідності у складі та структурі машинно-тракторного парку (МТП) призводять до порушення оптимальних агротехнічних строків проведення робіт, неповне виконання операцій з технічного обслуговування знижує напрацювання на відмову тракторів майже вдвоє. Значними є втрати робочого часу через простої техніки. За даними ІМЕСГ у такі напружені періоди, як весняна сівба, агрегати

простоюють ЗО...35 %. а на збиранні зернових культур і цукрових буряків — 40...47 % робочого часу.

В цілому по Україні питомі витрати на механізовані роботи коливаються від 4 до 7 крб. на умовний еталонний гектар (у. є. га). Для господарства з площею ріллі 3000 га і щільністю механізованих робіт 20 у. є. га на фізичний гектар загальний обсяг механізованих робіт становить 60 тис. у. є. га. Отже, різниця в загальних витратах на механізовані роботи між верхнім і нижнім значеннями собівартості становитиме 180 тис. крб. на рік. Тобто для багатьох господарств це є невикористаним резервом, який може бути за-діяний зусиллями інженерної служби або спеціалістів консультаційних центрів.

Основна частина експлуатаційних витрат припадає на забезпечення роботоздатності техніки, що є однією з найважливіших функцій інженерної служби. Так, своєчасне діагностування і технічне обслуговування машин дозволяє в 1,5...2 рази підвищити їх довговічність і на ЗО...50 % знизити затрати на проведення ТО.

Хоча експлуатаційні витрати і роботоздатність техніки є одними з найважливіших показників результативності інженерної діяльності, все ж варто усвідомити роль інженерів у забезпеченні показників виробництва. На даний час близько 90 % усього обсягу робіт у рослинництві виконується з використанням техніки, а надалі передбачається повністю механізувати землеробську працю. Тому важливо пам'ятати, що вибір складу і режиму роботи машинно-тракторних агрегатів (МТА), технологічна наладка машин і своєчасність проведення технологічних операцій визначають *якість* робіт і суттєво впливають на урожайність сільськогосподарських культур. Спеціальний аналіз свідчить, що в окремих випадках своєчасність і висока якість усього комплексу технологічних операцій дозволяють підвищити врожайність на 30...45 %. Ці резерви можуть бути використані при цілеспрямованій взаємодії спеціалістів агрономічної та інженерної служб.

Зв'язок рівня підготовки техніки та організації робіт і кінцевими результатами чітко простежується у період збирання врожаю. Так, втрати при збиранні зернових можуть складати понад 10 % зерна і 40 % незернової частини врожаю. За рахунок підготовки техніки і раціонального поєднання способів збирання відповідно до конкретних природно-виробничих і метеорологічних умов, забезпечення високого рівня організації робіт ці втрати можна зменшити у 3—5 разів, що дасть великий економічний ефект.

Насичення господарств потужною високопродуктивною технікою і збільшення щільності механізованих робіт висувають до числа найбільш гострих проблему надмірного ущільнення грунтів ходовими системами МТА. Так, повна вага агрегату для внесення рідких органічних добрив К-701+МЖТ-23 становить 500 кН (близько 50 т) при ширині захвату 7...12 м. Агрегат Т-150К4-ПРТ-10 для внесення органічних добрив важить приблизно

250 кН (близько 25 т) і має робочу ширину захвату до 8 м. Велика експлуатаційна маса агрегатів для внесення мінеральних добрив, збиральної техніки тощо.

Сумарна площа слідів за рік може перевищити площу поля майже в 2 рази, що помітно знижує родючість ґрунтів. Дослідженнями встановлено, що одно- і дворазове ущільнення знижують водопроникну здатність ґрунтів у 50...100 разів, а врожайність — на 8...25 %. Легкі піщані ґрунти здатні відновити свої фізичні та біологічні властивості, що порушені ущільненням, через 2—3, а важкі суглинки — приблизно через 10 років. Якщо врахувати також водну і вітрову ерозії ґрунтів внаслідок невдалої технології та організації роботи МТА, винесення гумусного шару за межі поля (особливо при збиранні коренеплодів), то стає очевидною роль інженерної служби у запобіганні машинної деградації ґрунтів.

Інженерна служба господарства може розробляти і запроваджувати ґрунтозахисні технології з урахуванням конкретних умов господарства, проектувати раціональні виробничі процеси і відповідні комплекси машин, здійснювати спеціальні ґрунтозахисні заходи (розпушування підорного шару, зниження тиску ходових систем на грунт, раціональну організацію збирально-транспортних робіт та ін.). Ефективність таких заходів можна простежити на простому прикладі. Оцінка трисівалкових МТА на сівбі ярого ячменю показала, що порівняно з агрегатом на базі трактора ДТ-75М, агрегат із трактором Т-150К дає зниження врожайності на 10 %, а з К-700 — на 20 %.

Варто зазначити, що роль інженерної служби в кінцевих результатах виробництва недооцінюється. На даний час найбільш загальним показником ефективності інженерно-технічної служби вважається собівартість механізованих робіт. Проте, як свідчать наведені вище приклади, навіть при низькій собівартості робіт можуть бути значні втрати врожаю за рахунок вибору складу МТА, підготовки його до роботи, організації робіт, зниження родючості ґрунтів тощо.

Важлива роль інженерно-технічної служби в ресурсозбереженні. Зниження матеріаломісткості виробництва залежить у першу чергу від обґрунтованого формування його матеріально-технічної бази. Забезпечення ресурсо- і енергозберігаючих технологій відповідними технічними засобами і організацією машино використання дозволяє значно знизити витрату технологічних матеріалів (насіння, добрив, пестицидів) і енергії (палива, тепла, електроенергії) .

У запровадженні енергозберігаючих технологій сільське господарство України значно відстає від розвинених зарубіжних країн. Так. на 1 га РІЛЛІ ми витрачаємо більше 280 кг рідкого палива, а у США— 190 кг. Якщо ж враховувати ще й різницю в урожайності культур, то стають очевидними величезні потенційні можливості зниження енерго-місткості сільськогосподарської продукції. Орієнтовно енер-гомісткість цієї продукції

в наших умовах у 5...7 разів вища від теоретично необхідної. Аналіз різних варіантів технологій заготівлі, приготування і роздачі кормів показує, що сукупні витрати енергії на 1 т кормів можуть відрізнятись майже у 10 разів.

Підвищення культури виробництва, покращення умов праці також суттєво впливають на ефективність праці. Так, створення сприятливих умов праці механізаторів дає можливість отримати річний економічний ефект не менше 500 крб. на кожний трактор.

Таким чином, інженерний аналіз дозволяє розкрити і використати значні резерви підвищення ефективності і екологічності виробництва. Проте характер інженерної діяльності ще недостатньо спрямований на його вдосконалення. Як свідчать результати спеціального аналізу структури робочого часу спеціалістів інженерної служби, головні інженери колективних господарств лише 2...3 % часу витрачають на вирішення задач перспективного розвитку і вдосконалення виробництва, а на поточні справи і постачання — більше 45 %. На усунення аварійних відмов техніки інженери з експлуатації МТП витрачали в середньому 22...24 % робочого часу. Це дає підстави стверджувати, що спеціалісти інженерно-технічної служби зайняті переважно виконанням вторинних функцій — усуненням наслідків, а не первинних — усуненням причин.

Безумовно, такий стан значною мірою пов'язаний з низькою надійністю сільськогосподарської техніки, її експлуатаційною технологічністю. Донедавна основною причиною була невідповідність форм власності і виробничих відносин вимогам ефективного розвитку виробництва, і пов'язана з цим нечутливість багатьох господарств до науково-технічного прогресу і підвищення культури землеробства. Але становлення різних форм власності на засоби виробництва, ринкові відносини докорінно змінюють структуру функцій інженерної служби. У цих умовах роль аналітичної і творчої сторін діяльності спеціалістів незмірно зростає.

Для встановлення пріоритетів у функціях інженерно-технічної служби введемо поняття корисності функцій:

$$Q_ф = Q_р – (S_ф + S_в) \qquad (1.1)$$

де $Q_ф$ — корисність функції; $Q_р$ —результат виконання функції; $S_ф$ — затрати на виконання функції; $S_в$ — втрати від неякісного виконання або невиконання функції.

Фізичні величини, що входять у формулу (1.1), можуть бути обчислені в грошовому виразі або в енергетичних еквівалентах.

Якщо припустити, що потенційний результат виконанням функції є постійним ($Q_р$ = const), то реальна корисність функції залежно від суми

затрат ($S_ф + S_в$) змінюватиметься лінійно і може мати як позитивні значення (ефект), так і від'ємні (збитки)

Наприклад, інженерній службі на період проведення збиральних робіт необхідно забезпечити роботоздатність техніки. Для цього слід виконати певну сукупність функцій: провести профілактичні роботи і технічне обслуговування, сформувати фонд запасних частин, підготувати резервні елементи виробничого процесу, організувати службу ТО і ремонту в польових умовах та ін. При своєчасному та якісному виконанні цих функцій досягається потенційний результат $Q_р$. При оптимальних витратах 5ф втрати врожаю будуть незначними ($S_В \rightarrow min$), а корисність сукупності робіт із забезпечення роботоздатності буде наближатись до максимуму ($Q_ф \rightarrow max$). Можливий інший варіант, коли витрати на забезпечення роботоздатності будуть мінімальними (5ф—кліп), але незмірно більшими будуть втрати ($S_В \rightarrow min$), які включають також частину недосягнутого потенційного результату $Q_р$. При цьому значення корисності функцій $Q_ф$ може бути навіть від'ємним (збитки).

Оцінка (навіть приблизна) корисності виробничих функцій спеціалістів дозволяє визначити пріоритети і відповідним чином змінити структуру робочого часу, щоб досягти максимальних результатів. На рис. 1 показані різні варіанти інтегральної кривої затрат часу на виконання функцій різної корисності. Бажаною є така виробнича діяльність, при якій затрати часу на усунення аварійних відмов, виконання неефективних функцій будуть мінімальними (варіант 2).

Природно, що і потенційний результат, і корисність функцій не є величинами сталими. Інколи ситуація може створювати ілюзію підвищеної значимості окремих виробничих функцій, а відсутність чітко визначених цілей професійної діяльності і критеріїв ефективності дій породжує нестабільність (імпульсивність) у прийнятті рішень. Вольові вказівки «зверху» також можуть порушувати систему цінностей. Уникнути такої невпорядкованості в діях можна за умови, якщо спеціалісти інженерної служби сумісно з іншими спеціалістами і керівниками виробництва сформують обґрунтовану систему цілей і критеріїв, що була б зорієнтована на кінцеві виробничі показники. Крім того спеціалісти повинні володіти сучасними методами обґрунтування рішень, які дозволили б досягти поставленої мети найефективнішим способом. Отже, в основі виробничої діяльності повинна бути певна *система.*

Інженерна професія є ключовою у забезпеченні цілеспрямованого розвитку механізованого сільськогосподарського виробництва, обґрунтуванні напрямків науково-технічного прогресу (НТП) та їх здійсненні.

Вплив НТП на соціально-економічний розвиток суспільства є незаперечним, проте далеко не однозначне наше розуміння його суті і

оцінок. Різноманітність форм прояву НТП при відсутності фундаментальних критеріїв і закономірностей розвитку виробництва нерідко є причиною вибору помилкових напрямів удосконалення техніки і технологій, загрозливо несприятливих наслідків господарської діяльності. Тому життєво важливо вміти спеціалісту відрізняти істинний прогрес від уявного.

На даний час реалізується переважно економічна концепція технічного прогресу як необхідної передумови розширеного відтворення. Розглядаючи НТП у координатах «капітал (фонди) — праця», його класифікують на капіталомісткий і капіталозберігаючий, трудомісткий і трудо-зберігаючий, нейтральний. У рамках цієї теорії ІСНУЄ також думка, що будь-які соціальні або екологічні ефекти можуть бути зведені до економічних оцінок.

Не заперечуючи важливості економічних показників розвитку виробництва, все ж потрібно зауважити і негативні наслідки окремих тенденцій і нововведень, що вважалися раніше прогресивними. Так, нарощування одиничної потужності тракторів несприятливо вплинуло на структуру МТП господарств, підвищило витрату палива. Ці протиріччя загострилися при появі різноманітних форм власності на засоби виробництва. У 1990 р. доля малогабаритних тракторів в Україні становила біля 1 %', тоді як за рубежем— близько 30%. Або такий приклад. Матеріаломісткість зернового господарства у. 1990 р. становила 180... 190 кг/га. При повній реалізації Системи машин 1985— 95 рр. цей показник міг би зрости до 500 кг/га, що привело б до різкого підвищення собівартості сільськогосподарської продукції без істотного збільшення її кількості.

Управління – це процес, що здійснюється шляхом обміну інформацією і спрямований на забезпечення цілісності структури виробничих систем, підтримання заданого режиму функціонування, досягнення поставлених цілей.

Інформаційні потоки до об'єкту управління передаються у вигляді керівних рішень, а зворотній зв'язок здійснюється на основі контролю протікання виробничих процесів (рис. 5). Так, управління якістю механізованих робіт передбачає сукупність рішень, що включають підготовку МТА і полів, організацію робіт, контроль якості і стимулювання праці, встановлення штрафних санкцій з відповідною інформованістю всіх виконавців.

Задачі управління виробничими процесами, ресурсами та їх запасами, роботоздатністю техніки входять до числа найважливіших функцій інженерної служби. Для забезпечення ефективного управління важливо також передбачати можливі результати і наслідки виробництва, тобто вирішувати задачі прогнозування.

За масштабом часу управління може бути довгостроковим і оперативним. Зокрема, стратегія управління технічним станом МТП повинна охоплювати тривалий період, а усунення несприятливих відхилень у ході виробничих процесів носить, як правило, оперативний характер.

Таким чином, сукупність інженерних задач обумовлюється різноманітністю сфер діяльності, класом задач і часовим виміром. Набір типових і нестандартних задач є досить великим, проте всі вони можуть бути вирішені за допомогою порівняно невеликої кількості сучасних методів, а застосування персональних ЕОМ (ПЕОМ) і програмованих мікрокалькуляторів (ПМК) дозволяє значно скоротити затрати часу і веде до принципових зрушень у характері інженерної діяльності.

2 **Технічні і технологічні системи. Системний підхід в інженерній діяльності**

Необхідність вдосконалення інженерного забезпечення виробництва обумовлена двома основними причинами. По-перше, становлення приватних і орендних форм власності на засоби виробництва передбачає створення відповіднихслужб наукового та інженерного обслуговування виробництва. При цьому послуги і рекомендації таких служб повинні гарантувати досягнення певного економічного ефекту як виробничникам, так і організації, що їх обслуговує. По-друге, поглиблення суперечностей економічного, технічного, соціального і екологічного характеру, що супроводжують інтенсифікацію сільського господарства, вимагає сумісних дій спеціалістів із різних сфер діяльності (наука, освіта, виробництво і його обслуговування), які були б спрямовані на усунення або пом'якшення цих суперечностей. Як у першому випадку, так і в другому успіху можна досягти лише на основі системного підходу.

Унікальна складність сільськогосподарських виробничих систем полягає в їх біотехнічній сутності, наявності значної кількості стохастичних зв'язків із зовнішнім середовищем і біологічними об'єктами, дії некерованих природно-кліматичних факторів. Тому при вдосконаленні виробництва важливо забезпечити системну єдність техніки, технології і середовища. Порушення цієї єдності є основним джерелом несприятливих відхилень у виробничому процесі.

Приведемо визначення основних понять системного підходу, які є важливими для обгрунтування рішень.

Система — це сукупність елементів, що об'єднані взаємозв'язками, структурною і організаційною цілісністю.

Елементами системи є ті її складові частини, які не підлягають членуванню, а їх внутрішня структура несуттєва для вирішення конкретної задачі.

Елемент і система є поняттями відносними. Наприклад, у задачах обгрунтування складу МТП трактор, сільськогосподарська машина будуть елементами системи, а при діагностуванні технічного стану машин, вдоскона- $ ленні їх конструкції елементами будуть окремі вузли чи навіть деталі, а самі машини — системою.

Окремі елементи можуть бути об'єднані в підсистеми, утворюючи ієрархічну структуру з розвиненими внутрішніми і зовнішніми зв'язками

Зв'язки характеризуються речовинними, енергетичними або інформаційними обмінами між елементами системи (внутрішні зв'язки) або системою і середовищем (зовнішні).

Середовище — це те, що оточує систему і впливає на її функціонування. Оточуючим середовищем для системи може бути інша більш загальна система, що називається в такому випадку надсистемою.

Грааниці системи та її елементів, а також системи і надсистемами

визначаються умовами задачі. Таке розмежування важливе для оцінки властивостей і ефективності систем. Ефективність системи, як її внутрішня властивість, проявляєтеся в надсистемі. Так, продуктивність МТА проявляється в процесі реалізації технологічної операції, ефективність використання МТП — у загальногосподарській діяльності.

В інженерних задачах можуть розглядатися технічні системи (машини, обладнання), системи типу «машина — селище» (робота МТА в конкретних польових умовах); «людина — машина — середовище», коли додатково "дивуються обслуговуючий персонал, людський фактор, а також системотехнічні комплекси (СТК), які об'єднують різні системи, технічні компоненти і виробничий персонал. Загальна схема СТК приведена на рис. 7. Наприклад, при виборі раціонального складу МТА важливо забезпечити відповідність їх експлуатаційних властивостей конкретним природно-виробничим умовам, агротехнічним і екологічним гам, тобто об'єктом аналізу буде система типу «машина-середовище».

При організації механізованих робіт, призначенні виконавців крім вищезазначених факторів важливо також враховувати кваліфікацію виконавців, стимулювання праці, психологічні логічні фактори. В цьому випадку розглядається система типу «машина — середовище»,

Прикладом СТК може бути інженерно-технічний комплекс господарства, що включає основну виробничу систему (МТП і кваліфікаційний склад механізаторів), систему забезпечення виробництва (нафтогосподарство), систему технічного обслуговування і ремонту (пункт ТО, майстерня., машинний двір з відповідним персоналом), систему управління (інженерно-технічна служба, АРМ інженера).

За призначенням СТК можуть бути спеціалізовані і багатофункціональні. Спеціалізовані СТК — це комплекси технологічного призначення (збирально-транспортні, хімізації рослинництва тощо). До багатофункціональних відносять інженерно-технічний комплекс, бо основна виробнича система може виконувати різні операції та виробничі функції.

Низька ефективність виробничих процесів у сільському господарстві нерідко пов'язана з непропорційним розвитком окремих складових системи або СТК, а також невідповідністю між-параметрами системи і природно-виробничими умовами (середовищем).

Системність є атрибутом будь-якого об'єкту, процесу або явища. Найважливішими ознаками системи є структурна цілісність, стійкі зв'язки між елементами і їх властивостями, системна єдність, організація, цілеспрямованість.

Структурна цілісність передбачає наявність у системі складових частин і елементів, що взаємодіють між собою. Ця ознака є первинною з тих, що визначають об'єкт як систему.

У будь-якій системі встановлюються певні зовнішні і внутрішні зв'язки. За фізичним змістом зв'язки можуть бути речовинними, енергетичними або інформаційними; за спрямованістю — прямими, зворотніми і нейтральними. За характером впливу на процеси, що здійснюються в системі, зв'язки можуть мати різні функції: з'єднання, обмеження, підсилення (послаблення), випередження (запізнення), перетворення, узгодження, координації та інші.

Важливою характеристикою системи є число і сила (або потужність) зв'язків, яка оцінюється інтенсивністю потоку речовини, енергії або інформації. Система існує як цілісний об'єкт тоді, коли сила внутрішніх зв'язків між елементами більша за силу зв'язків тих самих елементів із зовнішнім середовищем. Це твердження має істотне значення для проектування виробничих систем.

Системна єдність означає наявність таких властивостей системи в цілому, яких немає в її окремих складових частинах. Ці властивості системи виникають внаслідок взаємодії окремих її складових частин (елементів). Звідси випливають такі важливі висновки:

система не є простою сукупністю її елементів;

вивчаючи окремі складові частини, не можна пізнати властивості системи в цілому.

Властивість організованості системи визначається впорядкованістю її елементів, зв'язків і взаємодій у просторі і в часі, своєчасною дією (актуалізацією) суттєвих для процесу зв'язків.

Організація системи спрямовується на зниження ступеню невпорядкованості або невизначеності (ентропії), підвищення цілеспрямованості. Від організації системи суттєво залежить ефективність її функціонування.

Цілеспрямованість, як властивість системи, стосується її функціонального призначення, здатності досягати поставлених цілей у різних ситуаціях, у тому числі і несприятливих. Отже, ця властивість водночас характеризує здатність системи протистояти зовнішнім впливам або використовувати їх для стійкого функціонування.

Сільськогосподарські виробничі системи і СТК типу «людина — машина — середовище» характеризуються певним інтелектуальним потенціалом, а значить і здатністю до цілеспрямованого розвитку. Біотехнічна сутність систем, сто-хастична природа зв'язків із зовнішнім середовищем, поряд із багатоваріантністю структурних характеристик виробничих систем породжують неоднозначність процесів розвитку. Вибір раціональних шляхів цілеспрямованого розвитку є однією з найважливіших функцій інженерної служби.

Важливою характеристикою системи є її складність. До основних факторів, що визначають складність системи, відносять число елементів, зв'язків і обмежень. Ці фактори умовно можна віднести до статичних характеристик складності. Водночас повна оцінка складності повинна враховувати проектування і використання системи. Зокрема, експлуатаційна технологічність, ремонтоздатність сільськогосподарських технічних систем характеризують їх складність. Важливе значення для управління виробничими процесами має обсяг необхідної інформації. Чим він більший, тим складніша система в управлінні. Отже, динамічними характеристиками складності може виступати обсяг енергії та інформації, що необхідний для функціонування систем, забезпечення стійкості їх структури.

Як правило, технічні і виробничі системи сільськогосподарського призначення відносять до складних динамічних систем. Значною мірою складність системи залежить від глибини її структуризації (ступеню деталізації).

Наприклад, елементами МТП як системи будуть окремі трактори і сільськогосподарські машини. У той же час трактор, як система, складається з елементів-деталей. При цьому система «трактор» може бути складнішою від системи «МТП». Ця обставина є важливою для розуміння суті об'єкту-системи і побудови її математичних моделей.

Повний період створення, існування і ліквідації систем називають життєвим циклом, етапи якого наведені на рис. 8. Охоплення всіх етапів життєвого циклу є важливою умовою забезпечення цілеспрямованого

розвитку систем і СТК, оцінки народногосподарського ефекту і екологічності, матеріального кругообігу і сукупних затрат ресурсів.

Отже, системний підхід дозволяє не тільки комплексно дослідити функціонування систем, але і їх зміну в часі від створення до ліквідації. Системне мислення є неодмінною професійною ознакою сучасного інженера.

3 Структура і формування інженерних задач.

Інженерні задачі спрямовані переважно на усунення існуючих суперечностей, досягаючи таким чином вдосконалення технічних і виробничих систем. Найчастіше ці суперечності відносять до технічних, техніко-економічних, організаційних або екологічних проблем. Виявлення суперечностей, як правило, є результатом аналізу виробничої ситуації і передбачає постановку відповідної інженерної задачі.

Формулювання і вирішення будь-яких задач вимагає чіткого визначення цілі, задання необхідних і достатніх умов, вибору ефективного методу досягнення цілі. Логічний ланцюжок «ціль —- шляхи досягнення цілі — необхідні ресурси» є основою системного аналізу при вирішенні виробничих задач і проблем. Поняття задача, проблема, ситуація в загальній формі пов'язані із заданістю цілей і умов.

Задача характеризується повною визначеністю цілей (Ц) і умов (У). Умовно задача записується як логічний вираз:

$$\text{Задача} = \langle У, Ц \rangle. \qquad (2.1)$$

Типове формулювання задачі має вигляд: «Задані умови У, необхідно досягти мети Ц».

Наприклад, задані: технологічна операція, обсяг і строки виконання робіт, агротехнічні вимоги, характеристики ґрунту і поля, обмеження тиску ходових систем на грунт. Потрібно визначити склад і кількість МТА, забезпечивши мінімум прямих експлуатаційних витрат (5) на одиницю площі (S-min є цільовою функцією).

Ситуація характеризується заданням умов, тобто це буде неповна задача типу:

$$\text{Ситуація} = \langle У, — \rangle. \qquad (2.2)$$

Проблема — це складна неповна задача, в якій умови не визначені, або визначені недостатньо. Для вирішення проблеми необхідно провести додаткові дослідження.

$$\text{Проблема} = \langle —, Ц \rangle. \qquad (23)$$

Наприклад, формулювання — необхідно знизити річну витрату палива не менш ніж на 10 % —є проблемним, бо для досягнення мети необхідно встановити вихідні дані, виявити резерви і лише після цього можна обґрунтовувати стратегію зниження витрати пального.

Рішення інженерних задач — це цілеспрямована розумова діяльність, що пов'язана з обґрунтованим вибором одного з можливих альтернативних варіантів перетворення системи або збереження її структурних і функціональних властивостей.

Альтернативи — це можливі варіанти рішень, що взаємно виключають одне одного. Кожна альтернатива має певний кінцевий результат, який може відрізнятись від очікуваного. Це характерно переважно для прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності.

Стратегія — це сукупність і послідовність дій, що спрямовані на досягнення цілі. Обґрунтування стратегії вимагає, як правило, вирішення цілого ряду задач, а нерідко і врахування факторів, які не піддаються формалізації і кількісному вираженню (психологічні фактори, техніка безпеки, естетичні характеристики). В таких випадках важливу роль відіграють особисті і професійні якості людини, що відповідає за прийняття рішень. Наприклад, при обґрунтуванні стратегії своєчасного збирання зернових необхідно обґрунтувати послідовність збиральних робіт, раціональне поєднання способів збирання як зернової, так і не зернової частини врожаю, вирішити задачі оптимізації збирально-транспортного комплексу, післязбирального обробітку зерна, раціонального розподілу техніки і виробничого персоналу, організації виробничих процесів, забезпечення роботоздатності техніки, морального і матеріального стимулювання тощо. Особа, що приймає рішення (ОПР), володіючи ефективними методами, здійснює обгрунтований вибір варіанту рішення і несе відповідальність за його результати. В багатьох випадках ОПР може спиратись на обґрунтування здійснене іншими спеціалістами, консультантами, експертами. Проте відповідальність за результати зобов'язує керівника будь-якого рівня володіти сучасними методами аналізу ситуації, оцінки і вибору оптимального рішення.

При вирішенні будь-яких задач необхідно знайти відповіді на визначені запитання, від характеру яких залежить тип задачі. їх принципові відмінності є у табл. 1, в якій елементи задані можуть бути задані однозначно *(а),* імовірнісними характеристиками *(Ь),* варіантами *(г)* або відсутні, тобто їх необхідно визначити (?).

Наприклад, при заданій множині умов У={a, b, r} потрібно визначити потенційні показники роботи (Ц — ?) нового зернозбирального комбайна (С).

У цьому прикладі необхідно вирішити задачу аналізу, тобто встановити вихідні показники функціонування заданої системи (комбайн) у конкретних умовах.

Або інший випадок. Для умов господарства У = {*a, b, r*}потрібно визначити оптимальний запас нафтопродуктів, який забезпечив би безперебійне виконання заданого обсягу збирально-транспортних робіт з мінімумом приведених затрат (Ц=$S_{пр}$→ min).

Наведений приклад відноситься до задач синтезу, бо вимагає визначення параметрів системи постачання і зберігання нафтопродуктів.

У задачах виміру потрібно встановити характеристики умов, за яких задана система (С) забезпечує відомі вихідні показники (Ц). Іншими словами, це задача визначення виробничої ситуації.

Поділ задач аналізу, синтезу і виміру — умовний. В практичній діяльності вони тісно пов'язані і за кінцевою метою спрямовані на вдосконалення виробництва, тобто на обґрунтування (синтез) раціональної системи.

Сільськогосподарські механізовані процеси здійснюються в природно-виробничих умовах, що неперервно змінюються. Тому при формулюванні і вирішенні інженерних задач потрібно зважати на наявність *невизначеності,* яка суттєво впливає на вибір методу обгрунтування рішень, правильність і надійність розв'язання.

Найбільш очевидною у сільському господарстві є невизначеність метеорологічних умов та інших природних факторів (розвиток шкідників і хвороб рослин, динаміка вологості грунтів, фізико-механічні властивості грунтів та інших матеріалів, що обробляються). Випадковий характер мають показники надійності та роботоздатності техніки, відхилення в ході механізованих процесів, наприклад, перебої в постачанні палива. Таким чином, у більшості випадків інженерні задачі містять *невизначеність умов.* Це важливо враховувати при формуванні вихідних даних і виборі методу вирішення задач. Варто пам'ятати, що найпривабливіший метод вирішення задач не дасть надійних результатів, якщо вихідні дані недостовірні.

Інша група невизначеностей відноситься до вибору критерію, тобто цілі. Так, оптимізація МТП за критерієм мінімуму приведених витрат дає результати, що значно відрізняються від оптимізації за мінімумом затрат праці. Який критерій повніше відповідає ситуації і цілі: продуктивність чи експлуатаційні витрати, ефективність праці чи повнота використання ресурсів — питання такого характеру виникають при формулюванні більшості інженерних задач. У багатьох випадках рішення повинне відповідати декільком критеріям, що суперечать один одному

(продуктивність — якість, рівень механізації — затрати нафтопродуктів, втрати урожаю — затрати на виконання робіт). Розповсюджена вимога — досягнути максимуму результату з мінімумом затрат — не має точного наукового змісту, бо мінімум затрат — нуль, а без затрат неможливо виконати корисну роботу. *Невизначеність цілі* — значна перешкода на шляху вирішення задач удосконалення виробництва.

Усунення невизначеності умов і цілей є відповідальним етапом формування задач. Невизначені фактори, що несуттєво впливають на результати рішення, потрібно вилучити з умов задачі. Випадкові фактори можуть бути задані законами розподілу ймовірностей або статистичними характеристиками (середнє значення, середньоквадратичне відхилення або дисперсія). Погодні умови можуть бути враховані коефіцієнтами використання календарного часу на основі багаторічних даних.

У тих випадках, коли невизначеності не вдається усунути, їх враховують у рішенні задачі компенсаційними заходами, використанням критеріїв ризику, вибором адаптивної стратегії досягнення цілі. Компенсаційні якості системи визначаються запасом функціональних або ресурсних можливостей на випадок несприятливих відхилень у виробничому процесі (аналогія — запас міцності). Адаптивні стратегії дозволяють коригування рішення на окремих етапах з урахуванням інформації про зміну ситуації.

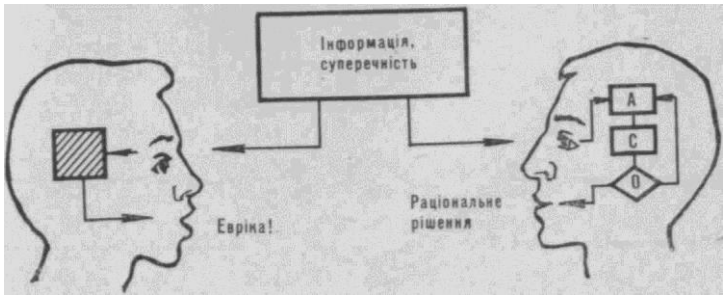
Невизначеність цілей інколи долають побудовою узагальнених (інтегральних) критеріїв, застосуванням методів вирішення багатокритеріальних задач. Таким чином, для якісного формулювання і успішного вирішення задач необхідне відповідне *інформаційне забезпечення,* яке містило б необхідні відомості про природно-виробничі умови господарства, імовірнісні характеристики динаміки зовнішніх факторів, вимоги і нормативні дані. Обширну інформацію, що необхідна для вирішення практично всіх виробничих задач, найбільш зручно сформувати у вигляді банку даних на базі персональної ЕОМ.

4 Класифікація методів, аналізу систем і прийняття рішень.

Плідної взаємодії можна досягнути, якщо спеціалісти оволодіють методологією і арсеналом ефективних методів обгрунтування рішень.

Питання виявлення суперечностей, обгрунтування мети і критерію, формулювання задачі висвітлені вище, тому розглянемо загальну характеристику найпоширеніших методів вирішення інженерних задач.

Сукупність методів, що застосовуються для обгрунтування рішень, можна поділити на дві групи: евристичні й аналітичні (рис. 13).



13. Евристичні та аналітичні методи прийняття рішень

Евристичні методи спираються на досвід та інтуїцію. При цьому процеси мислення, в результаті яких генерується рішення, можна подати у вигляді кібернетичного «чорного ящика». Тобто внутрішні закономірності, що перетворюють вхідну інформацію у вихідне рішення, не піддаються опису, а ОПР можна порівняти з чарівником або щасливчиком, що вирішив задачу невідомим йому самому способом.

Аналітичні методи передбачають синтез рішення з використанням математичних моделей і певних алгоритмів. Якість рішення в цьому випадку залежить від адекватності моделі, тобто її відповідності реальному об'єкту чи процесу за найбільш важливими властивостями.

Евристичні і аналітичні методи мають певні переваги і недоліки. Так, опора евристики на досвід та інтуїцію не дозволяє вирішувати багатоваріантні задачі з урахуванням значного числа факторів. Відомо, що людина здатна оперувати одночасно 5...7 факторами, при цьому часто не враховується багато істотних для процесу факторів. Тому немає гарантії, що прийняте рішення є оптимальним або хоча б задовільним. І все ж, евристичні методи успішно використовуються для вирішення творчих задач вдосконалення виробничих і технічних систем. На даний час розроблені ефективні методи активізації творчого мислення, пошуку нестандартних рішень.

Основними труднощами аналітичних методів є забезпечення адекватності моделі, уникнення невизначеності цілей і умов, врахування факторів, що не мають кількісного виразу (психологічні, ергономічні та ін.)

Широке впровадження в інженерну практику ЕОМ і особливо персональних (ПЕОМ) відкриває великі можливості для успішного застосування обох груп методів. Інформаційне забезпечення, обгрунтування критеріїв, аналіз виробничої ситуації повинні бути підготовлені незалежно від того, які методи будуть використовуватись для прийняття рішення. Якщо ж ОПР приймає рішення «з чистого листка», то ймовірність вибору неефективних варіантів буде завжди високою.

Множину моделей прийняття рішень можна умовно класифікувати за схемою (рис. 14). У ній виділені лише принципово важливі ознаки моделей. Так як практично всі перелічені ознаки є взаємно сумісними і можуть поєднуватись у будь-якій комбінації, то число класів моделей буде дорівнювати $2^5 = 32$.

З усієї сукупності методів і моделей обгрунтування рішень виділимо найпридатніші для застосування в інженерній практиці.

Розрахункові *детерміновані моделі* характеризуються наявністю однієї або сукупності аналітичних залежностей, методики (алгоритму!) розрахунку, повною визначеністю умов і змінних факторів. Наявність невизначеності ймовірнісної природи усувається заданням відповідних статистичних характеристик випадкових величин (математичне сподівання, дисперсія).

Моделі цього класу, як правило, прості, хоча можуть бути трудомісткими. Значне скорочення затрат часу на розрахунки досягається при використанні програмованих мікрокалькуляторів і ПЕОМ.

У машиновикористанні такі моделі поки що найбільш поширені. Визначення потреби в техніці, розрахунок плану механізованих робіт і технічного обслуговування, визначення розмірів площадок для тривалого зберігання техніки і багато інших задач вирішуються за допомогою розрахункових детермінованих моделей.

Оптимізаційні моделі передбачають встановлення таких значень керованих змінних, при яких величина критерію є найближчою до цілі з усіх інших можливих рішень у заданій області зміни факторів. Із великої різноманітності оптимізаційних моделей виділимо наступні.

Одномірна оптимізація без обмежень характеризується наявністю цільової функції з однією змінною. Такі задачі вирішуються класичними методами знаходження екстремуму функцій, що диференціюються. Звичайно, що одномірна оптимізація може використовуватися лише в найпростіших часткових задачах, бо не дозволяє врахувати взаємодії багатьох факторів на кінцеве рішення.

Багатомірна оптимізація полягає у знаходженні оптимуму (найкращого рішення) функцій з декількома змінними.

У сфері експлуатації МТП задач такого типу є досить багато. Наприклад, продуктивність МТА може бути виражена як функція параметрів і режиму роботи агрегату (ширина захвату, робоча швидкість, норма внесення), польових умов (рельєф, довжина гону, площа поля). З врахуванням взаємозв'язків керованих факторів така функція може мати екстремум.

Значну групу багатомірних функцій складають емпіричні рівняння регресії, за допомогою яких виражається ряд показників машиновикористання.

Лінійне програмування відноситься до класу оптимізаційних методів при наявності обмежень. При цьому цільова функція та обмеження лінійно залежать від змінних факторів. Термін «програмування» запозичений із зарубіжної літератури і відображає процес прийняття рішень, а не розробку програм.

Прикладами задач, що вирішуються методами лінійного програмування, є розподіл техніки за видами робіт (завантаження обладнання), оптимальне планування перевезень вантажів (транспортна задача), ефективний розподіл дефіцитних ресурсів, визначення оптимальних запасів (нафтопродуктів, запасних частин тощо).

Методи динамічного програмування використовують для обгрунтування рішень у багатоетапних процесах. При цьому здійснюється знаходження кращого рішення на кожному етапі (кроці), яке забезпечувало б оптимальний сукупний результат, тобто за сумою всіх кроків.

До задач такого класу можна віднести розподіл ресурсів у часі, коли кроками будуть окремі закінчені технологічні цикли.

При вирішенні багатьох інженерних задач необхідно враховувати цілочисельні фактори: Так, трактори, сільгоспмашини, обслуговуючий персонал не можна виразити дробовими величинами. У таких випадках використовують *ці-лочисельне програмування,* яке об'єднує специфічну групу методів лінійного і динамічного програмувань.

При врахуванні випадкових факторів застосовують *імовірнісні методи* обгрунтування рішень. Зокрема, цілий ряд інженерних задач можна вирішити методами теорії масового обслуговування, яка є складовою частиною теорії ймовірностей.

Пункти технічного обслуговування, станції заправки паливом, транспортно-технологічні процеси можна змоделювати як системи масового обслуговування (СМО). Метою оптимізації СМО є максимізація пропускної здатності або мінімізація простоїв замовлень при очікуванні обслуговування.

У сільськогосподарському виробництві нерідко виникають задачі, коли складно врахувати ймовірність появи тих^ чи інших ситуацій (наприклад, поведінка конкуруючої сторони). Обгрунтування рішень в умовах невизначеності здійснюється з використанням методів *теорії статистичних рішень і теорії ігор.* їх метою є зниження величини ризику, обгрунтування такої стратегії поведінки, яка передбачала б певні дії при виникненні тієї чи іншої ситуації.

Багатокритеріальні моделі прийняття рішень враховують декілька цілей. Багатоцільові задачі машиновикористання дуже поширені. Продуктивність, якість, експлуатаційні затрати, еколопчність — ці та інші показники повиУ-ні враховуватись при проектуванні виробничих процесів, обгрунтуванні комплексів машин, виборі проекту виробничих об'єктів тощо.

Якщо вдається побудувати узагальнений критерій, який включав би основні часткові критерії, то задача зводиться до *багатомірної оптимізації.* В інших випадках застосовують методи *субоптимізації* (часткової оптимізації), послідовного використання критеріїв, вибору раціонального рішення за критерієм відстані до цілі.

Методи вибору раціональних рішень переважно є простішими від оптимізаційних і на даний час переважають в інженерній практиці. Проте процедура вибору рішень поки що, як правило, не спирається на сучасні аналітичні методи.

Вибір раціонального рішення передбачає наявність альтернативних варіантів, критеріїв вибору і методики оцінки (правила рішення).

Із сукупності методів вибору рішень доцільно виділити *функціонально-вартісний аналіз* (ФВА), який дозволяє доступними засобами обґрунтувати раціональне рішення за критеріями ефективності і вартості. Більшість задач машино використання можна вирішити з використанням ФВА. Це пояснюється тим, що на певних етапах даного методу можуть бути використані всі інші методи і процедури. Тобто ФВА практично виступає в ролі технології обґрунтування рішень.

Евристичні методи прийняття рішень також мають на даний час ряд ефективних, перевірених практикою процедур. Особливе місце серед них займають методи колективних рішень. Стосовно до задач машино використання можуть вживатись такі методи як аналіз карти втрат, «за — проти», «розумовий штурм» тощо.

Розвиток евристичних методів у напрямку алгоритмізації творчого процесу суттєво підвищує їх ефективність. Про це свідчить досвід застосування алгоритмів вирішення винахідницьких задач для вдосконалення технічних систем і процесів. їх основними етапами є виявлення технічних суперечностей і чітке визначення винахідницької задачі, аналіз ресурсів простору, часу, речовини і фізичних полів, що можуть бути використані для вирішення задачі; визначення ідеального вирішення задачі і факторів, що заважають його реалізації, застосування прийомів усунення фізичних суперечностей, оцінка якості вирішення винахідницької задачі. При цьому застосовують такі характерні прийоми як *морфологічний аналіз* (закономірності будови), *репольний аналіз* (речовина+поле) та інші.

Сукупність евристичних і аналітичних методів, процедур і прийомів обґрунтування рішень складає основу інструментарію спеціалістів інженерної служби, дозволяє підвищити ефективність механізованого виробництва, уникнути грубих прорахунків і нераціональних рішень.