

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій
виготовлення матеріалів**

С. С. Тимофєєв, Л. В. Волошина

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

Конспект лекцій

Харків – 2020

Тимофеев С. С., Волошина Л. В. Основи технічної творчості: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 101 с.

Конспект лекцій з дисципліни «Основи технічної творчості» – це стислий виклад курсу лекцій, що відображає навчальний матеріал, допомагає сформулювати загальне уявлення про предмет вивчення, правильно зорієнтуватися в цій галузі знань.

У конспекті лекцій наведено основні поняття, єдині для різних евристичних та машинних методів технічної творчості (функція технічного об'єкта, функціональна структура, фізичний принцип дії, технічне рішення, критерії розвитку та ін.). Викладено основи найбільш поширених евристичних методів: мозкова атака, метод евристичних прийомів, морфологічний аналіз та синтез, функціонально-вартісний аналіз, асоціативні методи пошуку технічних рішень. Також у конспекті лекцій висвітлено інші менш поширені методи й методики пошуку технічних рішень та активізації творчості. Приділено увагу технічним протиріччям і типовим прийомам їх вирішення. Наведено ряд схем, які логічно доповнюють викладений матеріал та полегшують його засвоєння.

Рекомендується для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної повної та скороченої форм навчання.

Іл. 7, табл. 5, бібліогр.: 15 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів 24 лютого 2020 р., протокол № 14.

Рецензент

доц. Г. Л. Комарова

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Лекція 1. Основні завдання дисципліни. Основні поняття і визначення технічної творчості та винахідницької діяльності. Технічна творчість в історичному аспекті...6	
Лекція 2. Теоретичні основи інженерної творчості.....	14
Лекція 3. Постановка й аналіз задачі інженерної творчості.....	28
Лекція 4. Методи інженерної творчості.....	35
Лекція 5. Метод евристичних прийомів.....	46
Лекція 6. Методи мозкової атаки.....	54
Лекція 7. Методи інженерної творчості.....	63
Лекція 8. Технічні протиріччя та методи їх вирішення.....	81
Список літератури.....	88
Додаток А. Міжгалузевий фонд евристичних прийомів перетворення об'єкта.....	90

Перелік скорочень

ЕП – евристичний прийом (правило)
ІКР – ідеальне кінцеве рішення
ІТР – ідеальне технічне рішення
ККД – коефіцієнт корисної дії
МА – мозкова атака
ТВЗ – творчі винахідницькі задачі
ТІЗ – творчі інженерні задачі
ТО – технічний об'єкт
ТП – технічні протиріччя
ТР – технічне рішення
ТФ – технічна функція
ФВА – функціонально-вартісний аналіз
ФО – фізична операція
ФПД – фізичний принцип дії

ВСТУП

Історія виникнення і розвитку людства – це насамперед історія винайдення різних виробів і технологій. Інженерія – це творча технічна діяльність.

У галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки є величезна кількість невирішених проблем. Без винайдення, впровадження та застосування нових сучасних засобів вимірювань неможливо досягти високого рівня якості виготовленої продукції, машин, пристроїв, споруд та ін.

Обладнання, технологічні процеси необхідно постійно вдосконалювати, замінювати більш ефективними, безпечними, нешкідливими, енергозберігаючими, економічними розробками на основі нових відкриттів і винаходів у галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

Залучення студентів у творчий процес поступово розвиває та накопичує їх досвід вирішення творчих завдань. Майбутній випускник поступово може стати новатором, великим виробничим діячем, раціоналізатором, винахідником.

Без винаходів немає нової техніки, нових технологій. Тому навчання основ технічної творчості дає великий економічний ефект. Винаходи та нові розробки можна вигідно впроваджувати у виробництво. Отже, технічна творчість забезпечує прискорення науково-технічного прогресу і економічне зміцнення держави.

На сьогодні серед вітчизняних підприємств спостерігається тенденція щодо впровадження в практику міжнародних і європейських стандартів, засобів сертифікації і випробувань, сучасного вимірювального обладнання, передових методів менеджменту якості, охорони й безпеки праці тощо. А це потребує залучення до роботи на підприємствах висококваліфікованих фахівців. Тому надзвичайно важливою і корисною для студентів, які вивчають цей курс, буде інформація у сфері основ технічної творчості та активізації творчого підходу до вирішення проблем у галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

Вивчаючи цей курс, студенти – майбутні бакалаври у галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки – сформулюють поняття та набудуть практичних навичок щодо методів

вирішення інженерних задач. Це сприятиме розвитку творчого мислення бакалаврів, а також з урахуванням цього вони зможуть організовувати творчий пошук удосконалення систем різної складності або виявляти їх слабкі місця.

Програму вивчення навчальної дисципліни «Основи технічної творчості» складено відповідно до підготовки освітньо-професійного рівня бакалавра спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка».

ЛЕКЦІЯ 1. Основні завдання дисципліни. Основні поняття і визначення технічної творчості та винахідницької діяльності. Технічна творчість в історичному аспекті

План лекції

- 1.1 Основні завдання дисципліни.
- 1.2 Основні терміни та визначення технічної творчості і винахідницької діяльності.
- 1.3 Технічна творчість в історичному аспекті.
- 1.4 Основні закони України з винахідницької і раціоналізаторської діяльності.

1.1 Основні завдання дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни «Основи технічної творчості» є: ознайомлення із змістом і механізмами творчої діяльності; розвиток креативних здібностей; засвоєння методологічних основ розвитку об'єктів інженерної творчості; опанування методів технічної творчості; набуття навичок постановки та вирішення завдань пошуку нових, більш ефективних конструкторсько-технологічних рішень (винаходи), у тому числі рішень, що перевершують світовий рівень; вирішення творчих інженерних задач, пов'язаних з економією трудових ресурсів, сировини, матеріалів і енергії.

1.2 Основні терміни та визначення технічної творчості і винахідницької діяльності

ТВОРЧИСТЬ (наукова) – діяльність з метою породження якісно нового, ніколи раніше не бувалою змісту. Будь-яка Т. (н.) характеризується єдністю таких рис, як неповторність (за характером здійснення і результату), оригінальність і суспільно-історична унікальність.

Інженерна творчість (ІТ) – постановка і вирішення завдань, пов'язаних зі створенням, проєктуванням, випробуванням, доведенням, транспортуванням, експлуатацією, ремонтом і утилізацією технічних систем, їхніх елементів, конструкційних матеріалів і технологій, які відрізняються більш високим тех. рівнем і конкурентоспроможністю. До ІТ належать завдання технічної творчості, орієнтовані на створення нової продукції, а також завдання вибору і обґрунтування способів моделювання та випробування технічного об'єкта. Потреба в ІТ виникає в тих випадках, коли в процесі проєктування традиційні відомі рішення, способи і засоби не задовольняють потреби і потрібно запропонувати або винайти нові рішення. Результат ІТ часто є предметом винаходу. Для розвитку творчих здібностей і підвищення результативності та ефективності ІТ рекомендується використовувати різноманітні засоби інтенсифікації технічної творчості. ІТ часто включає як основну частину науково-технічну творчість.

Щодо розуміння терміна «творчість» в енциклопедичній літературі, то ось як він трактується в одному з останніх видань «Енциклопедичного словника»:

«Творчість – діяльність, що породжує щось якісно нове і відрізняється неповторністю, оригінальністю і суспільно-історичною унікальністю. Творчість специфічна для людини, оскільки завжди передбачає творця - суб'єкта творчої діяльності; в природі відбувається процес розвитку, але не творчості».

Таким чином, **творчість** – це особливий вид інтелектуальної діяльності людини, спрямованої на створення якісно нових цінностей.

Існує велика кількість і інших визначень творчості, з яких нам найбільше імпонує визначення психолога Фромма [1]:

«Творчість – це здатність дивуватися і пізнавати, вміння знаходити рішення в нестандартних ситуаціях, це націленість на відкриття нового і здатність до глибокого усвідомлення свого досвіду». З цього формулювання випливає, що критерієм творчості є не якість результату - специфічної діяльності людини, а характеристики і процеси, що активізують її творчу продуктивність.

Дуже влучне і красиве визначення творчості дав відомий вчений фахівець з теорії і методів конструювання П. Хілл [1, 2]: «Творчість можна визначити як успішний політ думки за межі відомого. Вона доповнює знання, сприяючи створенню речей, які не були відомі раніше». Правда, іноді творчо сконструйовані технічні пристрої бувають побудовані з відомих елементів або засновані на відомих принципах, поєднуваних будь-яким новим, оригінальним способом.

Творчій особистості притаманні велика допитливість і прагнення створювати щось незвичайне, нове, приділяючи при цьому увагу не традиційним, а оригінальним рішенням. Така людина не шкодує часу на придбання особистого досвіду, для спостережень за механізмами, на вивчення різних явищ і процесів. Вона завжди знає потреби суспільства і своїх близьких щодо пристроїв і технологій, які економлять час, енергію і матеріали, полегшують працю, створюють комфорт і приносять прибуток.

Творчий процес, особливо винахідництво, пов'язаний з активним пошуком і генеруванням нових ідей, з аналізом вже відомих і вибором альтернативних ідей. Практика інженерного проєктування показує, що для створення нових виробів, що мають великий попит і здатні приносити прибуток, треба мати 55–60 хороших ідей [3].

Ідея – це форма відображення в думці явищ об'єктивної реальності. Ідеї включають у себе усвідомлення цілей подальшого пізнання і практичного перетворення світу, задоволення виниклих нових потреб людини, створення нових технічних пристроїв і технологій, нових речовин і матеріалів, а також їх нових застосувань.

Винахідництво – одна з форм творчої діяльності людини. Кожна освічена людина має право на цю діяльність, і тому вона

має випробувати себе в цій галузі інтелектуальної праці, щоб дізнатися, чи не тут проявляється її обдарованість. Адже справжня мета освіти – дати людині можливість розкрити свої можливості, пізнати себе.

Лише для невеликої кількості учнів і студентів, майбутніх інженерів і вчених винахідництво стане справою всього їхнього життя. Однак і всі інші, хто розвине в собі винахідницькі здібності і майстерність, так чи інакше можуть скористатися ними на будь-якій роботі, у справах домашніх, на відпочинку, у грі, в будь-яких найнесподіваніших ситуаціях.

Під об'єктом творчої або винахідницької діяльності слід розуміти будь-який пристрій (машина, система, її елемент або вузол), спосіб (виготовлення, складання, організація будь-якої діяльності тощо), речовину (матеріал з новими властивостями і т. д.) або зовсім нове, досі невідоме застосування вже відомих пристроїв, речовин або способів.

Винахід – це юридично визнаний і офіційно підтверджений державним документом (патентом) акт про створення нового, досі невідомого об'єкта, що має певну сукупність оригінальних і неочевидних властивостей, а також практичну корисність і можливість використання в промисловості та інших галузях діяльності [1].

Патенти та свідоцтва на корисні моделі – це документи, що закріплюють і охороняють право людини або авторського колективу на належну їй (або їм) інтелектуальну власність.

Існують і інші види юридичних державних документів, що захищають пріоритет і права авторів творчих розробок. Серед них **авторське право** на новостворені літературні, художні та музичні твори, на алгоритми і машинні програми, на методики, теореми і розрахункові формули, товарні знаки і багато інших продуктів інтелектуальної власності.

Результатами ІТ найчастіше є нові, більш досконалі і ефективні технічні об'єкти і технології або, висловлюючись мовою патентознавців, нові пристрої і способи.

Технічним об'єктом (ТО) будемо називати створений людиною або автоматом реально існуючий пристрій, призначений для задоволення певної потреби [2].

До ТО можна віднести окремі машини, апарати, прилади, ручні знаряддя праці, одяг, будівлі, споруди, пристрої, що виконують певну функцію (операцію) з перетворення об'єктів живої і неживої природи, енергії або інформаційних сигналів. До ТО будемо також відносити будь-який з елементів (агрегат, блок, вузол, деталь), з яких складаються машини, апарати, прилади і т. д., а також будь-який з комплексів взаємопов'язаних машин, апаратів, приладів. Це може бути технологічна лінія, цех, завод тощо.

Надсистема ТО – інший ТО, в який даний об'єкт функціонально включається або входить як окремий елемент [1].

Обробка речовини, енергії або сигналів являє собою виконання за допомогою ТО деякої чітко визначеної послідовності операцій.

Технологією будемо називати спосіб, метод або програму перетворення речовини, енергії або інформаційних сигналів із заданого початкового стану в заданий кінцевий стан за допомогою певних ТО.

Об'єкт дослідження — це процес або явище, що створює проблемну ситуацію і обирається для вивчення. Предмет дослідження міститься в межах об'єкта. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження.

Дедуктивний метод — це такий спосіб дослідження, при якому часткові положення виводяться з загальних. Індуктивний — це спосіб дослідження, при якому за частковими фактами і явищами встановлюються загальні принципи і закони.

Аналіз — це такий засіб наукового дослідження, при якому конкретне явище розчленовується на складові частини. Синтез є протилежним до аналізу. Він полягає у проведенні досліджень тих чи інших явищ у цілому, на основі об'єднання пов'язаних один з одним елементів у єдине ціле.

Експеримент — це науковий дослід або спостереження того чи іншого явища в умовах, які дають змогу стежити за його ходом, керувати ним, відтворювати його результати кожного разу при повторенні конкретних умов.

1.3 Технічна творчість в історичному аспекті

Винахідництво є одним із найважливіших видів активної творчої діяльності людства. В усі часи воно допомагало людині в освоєнні дикої природи, починаючи з видобування вогню і завершуючи польотами в космос. Винаходи завжди були пов'язані з розвитком технічного та економічного потенціалу суспільства, а винахідники своєчасно знаходили теоретичні та практичні вирішення нагальних технічних проблем, тобто ставали творцями нових можливостей для суспільства.

Винахідництво в Україні має глибокі корені. Пригадайте хоча б наші писанки і технології їх виготовлення або безліч запорізьких новацій. Сьогодні, продовжуючи славні традиції предків, творча енергія українських винахідників створює космічні апарати та надсучасні літаки, будує військово-морський флот і розробляє передову сільськогосподарську техніку; у кожній галузі нашої держави творять винахідники, раціоналізатори.

В усі часи, за будь-яких обставин народ України відчував тягу до творчості, удосконалення. Світової слави і визнання набули імена Ігоря Сікорського, Юрія Кондратюка, Сергія Корольова, Євгена Патона та багатьох інших видатних учених нашої держави.

Уперше у світовій практиці акт для захисту прав винахідника було прийнято у Великій Британії 1623 року під назвою «Статус про монополії». Але закріпити це право надавав можливість тільки патент. У США законопроект про патент за англійським зразком було прийнято в 1790 році, у Франції – 1791 р.

У деяких князівствах Німеччини патентні закони з'явилися після 1815 року, а в Росії – 1870 року.

У давнину винайдені й свічкові годинники. Механізм дії такий: свічка знизу до верху розмальована як зебра — чорно-білими смужками: їх було 24, за кількістю годин у добі. Віск від горіння тоне, а разом із ним тануть і смужки. Скільки згоріло смужок, стільки і «розтануло» годин. Поступово годинники вдосконалювалися і урізноманітнювалися, зважаючи на вимоги

часу. Врешті, настав період, коли було винайдено механічний годинник.

Протягом багатьох століть люди користувалися механічними годинниками — дивовижним технічним винаходом. Форма, розмір, колір, матеріал, зрозуміло, були різними, а принцип один: механізмом годинника є двигун. До нинішнього часу люди користуються такими годинниками поряд з електронними. Є годинники, які одночасно служать і термометром, і барометром, і показником вологи тощо. В такий спосіб можна простежити винайдення й удосконалення будь-якого предмета, починаючи від побутових речей (ножиці, окуляри, ручка) і закінчуючи сучасною технікою [4, 10].

Коли виник перший ліфт? Ще дві тисячі років тому в палаці давньоримського імператора Нерона вже існував ліфт. Він підвішувався на канатах і рухався по рейках з міцного дерева. Імператор тиснув на дзвінок, раби починали обертати лебідку й ліфт потихеньку піднімався. На канаті були кольорові позначки, що вказували на поверх палацу. Потім історія ліфтів надовго перервалася. Удруге його винайшов італійський художник Леонардо да Вінчі в епоху Відродження. Його конструкції були абсолютно новими. Завдяки кресленням художника інженер Ларін зміг побудувати ці нові ліфти. Перший ліфт у звичайному багатопверховому будинку встановили в 1672 р. у Німеччині. Перший електричний ліфт створив німецький винахідник Ернст Сименс у 1880 р. У наш час ліфти стали наскільки звичним явищем, що, мабуть, ніхто й не задумується, що насправді це велике відкриття. Але оскільки все піддається удосконаленню, то й цей винахід удосконалюється. Так, є відомості про апробацію і впровадження ліфта, що розмовляє. Він «вітається», «повідомляє» останні новини та прогноз погоди, «розповідає» пасажирам, як треба поводитися під час виникнення аварійної ситуації тощо. Звичайно, мало хто знає авторів цього проекту, хіба що колеги... [5, 12].

«Тэфаль» придумав фізик. Француз Марк Грегуар до того ж був запеклим риболовом. Але замучила його розкладна вудочка, частини якої міцно прилягали одна до одної і розсовувалися з великою напругою. Тоді Марк наніс на вудочку спеціальний полімер – у результаті вона стала легко розкладатися. Правда,

вилів періодично підгорав на сковороді. І тоді його дружина поставила вимогу, щоб він зробив із сковородою те саме, що і з вудочкою. Виріб виявився чудовим за якістю, і на нього було відразу отримано патент. У 1956 році заповзятливий фізик створив фірму «Тефаль», яка стала випускати сковороди, що не підгорають.

Академік В. В. Петров, перший у світі електротехнік, опублікував перший опис вольтової дуги за 20 років до по справжньому визнаного відкриття. Дослідник часто дію дуги випробовував на собі. Для вимірювання напруги електричного стуму використовував як вольтметр палець своєї руки. Для цього він зрізав на пальці шкіру, а оголені дроти прикладав до рани. Чим болючіше було пальцю, тим сильнішою була батарея (він виготовлював сам батарею). Досліди мали успіх, але сам автор визнання не здобув, оскільки не зміг пробити байдужості і неприязні з боку начальства Медично-хірургічної академії, де викладав і був професором. Історія справедливості відновила. На особливу увагу заслуговує постать відомого сучасного дослідника Г. С. Альтшуллера. Тисячі винахідників у країнах СНД і Східної Європи знають його ім'я – основоположника і автора ТВВЗ (теорія вирішення винахідницьких задач), інженера, винахідника й письменника-фантаста. Його методика винахідництва, яку він назвав АВВЗ (алгоритм вирішення винахідницьких задач) пройшла справжню перевірку й адаптацію. Тисячі винахідників успішно застосовують АВВЗ, починаючи з 1959 року. В подальшому Г. С. Альтшуллер здійснив корекцію АВВЗ і розширив його можливості – створив ТВВЗ (теорію вирішення винахідницьких задач) і обґрунтував точні закони розвитку систем. Г. С. Альтшуллер дослідив близько сорока тисяч патентованих винаходів і біографії творчих особистостей, відомих вчених, винахідників. На підставі цього виявив закономірності творчого пошуку, винахідництва і творчості взагалі. Він є автором десятків винаходів, здійснив роботу з реєстрації і класифікації ідей наукової фантастики. Для цього проаналізував усі твори із самого зародження цього жанру. В результаті створив «Регістр науково-фантастичних ідей». Останніми десятиліттями (кінець ХХ – початок ХХІ століття)

прогресивні ідеї та науково-творчі надбання Г. С. Альтшуллера все більш актуалізуються і здобувають визнання.

Уперше в Україні «Правила складання та подання заявки на видачу патенту на винахід» датуються 18 вересня 1992 року. 15 грудня 1993 року, за № 3687-12 видано Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».

1.4 Основні закони України з винахідницької і раціоналізаторської діяльності

1 Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» від 15.12.1993 р.

2 Закон України «Про авторське право і суміжні права» від 23.12.1993 р.

3 Закон «Про охорону прав на промислові зразки» від 15.12.1993 р.

ЛЕКЦІЯ 2. Теоретичні основи інженерної творчості

План лекції

2.1 Навколишнє середовище технічного об'єкта.

2.2 Список вимог.

2.3 Критерії розвитку технічних об'єктів.

2.4 Недоліки і дефекти ТО.

2.5 Моделі ТО.

2.6 Конструктивна еволюція ТО.

2.1 Навколишнє середовище технічного об'єкта

Кожен ТО перебуває у певній взаємодії з навколишнім середовищем. Для конкретного ТО як навколишнє середовище можуть виступати його надсистема, об'єкти неживої і живої природи та інші ТО, які перебувають у функціональній або змушеній взаємодії з розглянутим ТО і впливають на його проектно-конструкторське рішення.

Взаємодія ТО і навколишнього середовища (рисунок 2.1) може відбуватися кількома каналами зв'язку, що поділяються на дві групи.

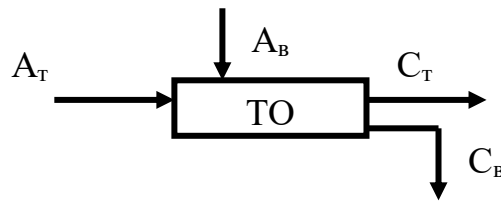


Рисунок 2.1 – Взаємодія ТО з навколишнім середовищем

Перша група містить потоки речовини, енергії і сигналів, передані від навколишнього середовища до технічного об'єкта. До них належать: A_T — функціонально обумовлені входні впливи (вхідні потоки у ТО);

A_B — вимушені входні впливи (температура, вологість, пил, діяльність комах і т. д.).

Друга група — це потоки, що передаються від розглянутого ТО навколишньому середовищу:

C_T — функціонально обумовлені вихідні впливи (вихідні потоки з ТО);

C_B — вимушені вихідні впливи (забруднення води, землі і повітря, струми надвисокої частоти і т. д.).

2.2 Список вимог

При розробленні і проєктуванні ТО завжди визначається певний список вимог, які ТО має задовольняти. Мова йде про необхідний і достатній набір вимог, при виконанні яких виріб буде мати припустиму (очікувану) працездатність, ефективність, ремонтпридатність тощо. Якщо в такому наборі не буде враховано і виконано хоча б одну вимогу, то у створеному ТО проявиться хоча б один істотний недолік або він буде непрацездатний. Звідси випливає важливість необхідного і достатнього списку вимог, що в інженерних розробках складає ядро технічного завдання.

У процесі розроблення і проєктування ТО задають і уточнюють декілька ієрархічно взаємозалежних списків вимог,

що відповідають певним етапам розроблення. При цьому кожен наступний список більше попереднього і включає його в себе [1, 8].

Для техніки в цілому також існує список вимог. Спробу складання такого списку в 1950 р. починав Ф. Кесельринг, який склав список, що містить більш 700 вимог. Навіть для того часу це був неповний список, а за минулий час кількість вимог у повному списку збільшилася в кілька разів.

2.3 Критерії розвитку технічних об'єктів

Серед параметрів і показників, що характеризують будь-який ТО, завжди є один або декілька таких, які протягом тривалого часу (іноді всієї історії існування розглянутого класу ТО) мають тенденцію до монотонної зміни або тенденцію до підтримки на певному рівні при досягненні своєї межі. Ці показники усіма усвідомлюються як міра досконалості і прогресивності, і вони дуже сильно впливають на розвиток окремих класів ТО і техніки в цілому. Такі параметри і показники будемо називати **критеріями розвитку ТО** [6, 11].

Поряд із критеріями розвитку, існують ще **показники якості (критерії якості)** ТО, до яких у першу чергу належать критерії розвитку і деякі параметри, певна зміна яких може сприяти поліпшенню якості й ефективності цього ТО. Крім того, показник якості дає змогу вибрати з двох альтернативних варіантів ТО або їх описів кращий варіант при рівності або еквівалентності інших показників.

Оскільки будь-який ТО, як правило, має кілька критеріїв розвитку, то принцип прогресивного розвитку для кожного нового покоління ТО полягає в поліпшенні одних і не погіршенні інших критеріїв.

Набір критеріїв, що визначають розвиток техніки, містить **чотири групи**:

- функціональні критерії, які характеризують найважливіші показники реалізації функції ТО;
- технологічні критерії, пов'язані тільки з можливістю і простотою виготовлення ТО;
- економічні критерії, які визначають тільки економічну доцільність реалізації функції за допомогою розглянутого ТО;

- антропологічні критерії, пов'язані з питаннями людського фактора або впливу позитивних і негативних факторів на людей, викликаного створенням ТО.

Можливу систематику критеріїв розвитку техніки (можна доповнювати для свого класу ТО) подано на рисунку 2.2.

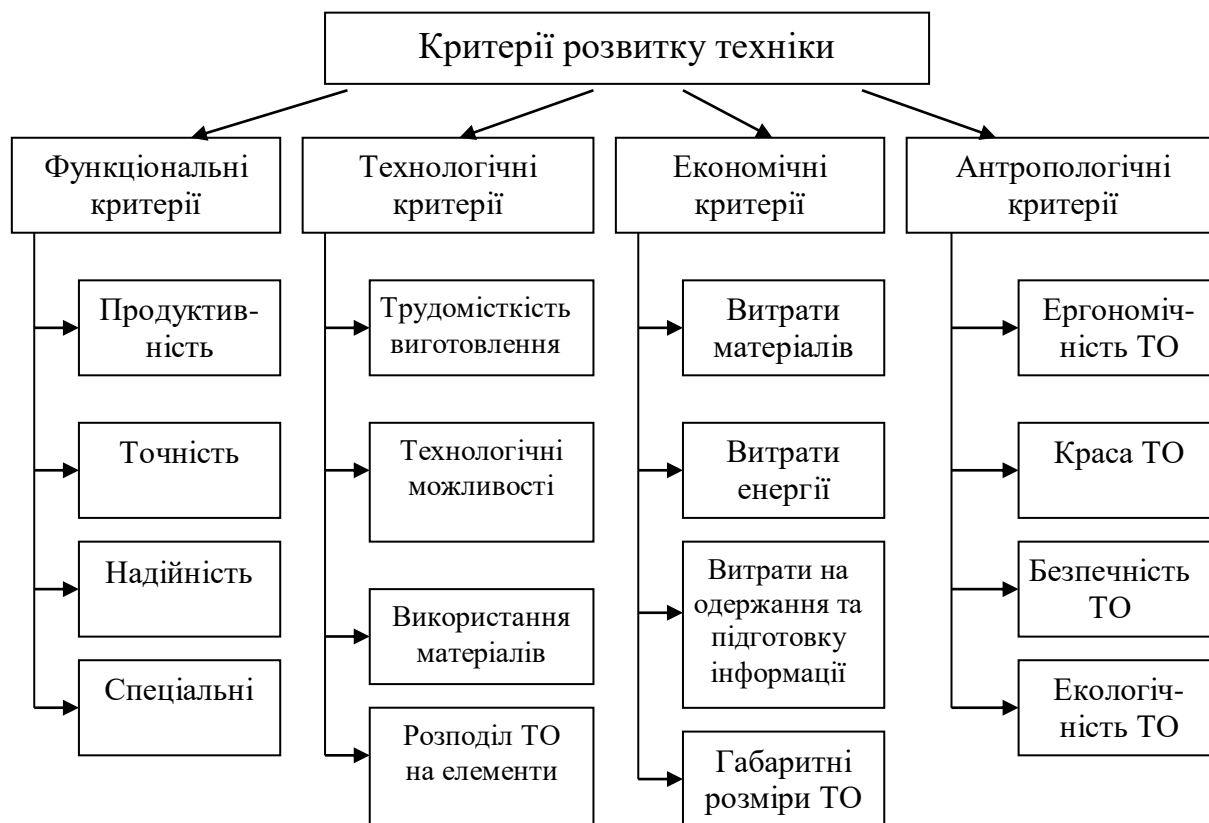


Рисунок 2.2 – Схема критеріїв розвитку техніки

1 Функціональні критерії розвитку ТО.

Для кожного ТО функціональні критерії розвитку являють собою кількісну характеристику основних показників реалізації функції ТО, тобто ці критерії виявляють на основі аналізу опису функції ТО.

Розглянемо тільки деякі найбільш часто чинні функціональні критерії.

Критерій продуктивності завжди може бути вимірний або обчислений. Структура формули для обчислення критерію й одиниця виміру продуктивності можуть бути будь-якими.

Приклади формул критерію продуктивності наведено в таблиці 2.1.

Критерій продуктивності являє собою інтегральний показник рівня розвитку техніки, що безпосередньо залежить від низки параметрів, які певним чином впливають на продуктивність праці.

Таблиця 2.1 – Приклади формул критерію продуктивності

Найменування ТО	Структура формули	Одиниці вимірювання
Електробритва	$1/T$	люд/год
Чайник	V/T	л/год
Автомобіль	$G \cdot v$	ткм/год
Токарний верстат	M	m^2/c
Млин	q	кг/год
Двигун внутрішнього згоряння	$M \cdot \omega$	$H \cdot m/c$
Насос	$Q \cdot h$	л·м/с
Трансформатор	N	кВ·А

Ці параметри являють собою функціональні критерії; до них належать:

- **швидкість обробки об'єкта** (число оборотів або операцій за одиницю часу, швидкість руху робочих органів машини, транспортної машини, протікання хімічної реакції тощо);

- **фізичні і хімічні параметри** (температура, тиск, напруга та ін.), що впливають на інтенсивність обробки об'єкта (предмета обробки);

- **ступінь механізації праці** (критерій механізації дорівнює відношенню механічної роботи, виконуваної тільки ТО, до всієї механічної роботи, виконуваної сумарно ТО і людиною (колективом людей) при одержанні певної продукції);

- **ступінь автоматизації праці** (критерій автоматизації дорівнює відношенню числа керуючих операцій, виконуваних тільки ТО, до загального числа керуючих операцій, виконуваних сумарно ТО і людиною при одержанні певної продукції);

- **безперервність процесу обробки** (критерій безперервності процесу обробки, пов'язаний з одержанням певної готової продукції, дорівнює відношенню числа операцій, виконуваних з використанням безперервних процесів, до

загального числа операцій з використанням безперервних і переривчастих процесів впливу на предмет обробки).

Критерії точності містять такі критерії:

- точності виміру;
- точності влучення в ціль;
- точності обробки матеріалу або речовини;
- точності обробки потоку енергії;
- точності обробки потоку інформації.

Для цих критеріїв є розвинуті способи виміру й оцінки точності, що легко знайти в спеціальній літературі.

Критерії надійності. Під надійністю ТО звичайно мають на увазі здатність без відмов виконувати свою функцію із заданою імовірністю протягом певного інтервалу часу. Критерій надійності зростає зі збільшенням часу імовірності безвідмовної роботи і містить критерії:

- безвідмовності;
- довговічності;
- збережності;
- ремонтпридатності.

Визначення цих критеріїв для різних ТО легко знайти у спеціальній літературі [1, 9].

Критерії продуктивності, точності і надійності являють собою монотонно зростаючі функції. Актуальність і вага цих критеріїв завжди були вище в порівнянні з іншими групами критеріїв.

2 Технологічні критерії розвитку ТО.

Група технологічних критеріїв головним чином забезпечує всебічну економію живої праці при виготовленні ТО і підготовці їх до експлуатації. Крім того, ці критерії спрямовані на економію матеріалів, що залежить від технологічних факторів, що також вносить певну частку в економію живої праці. Можна виділити чотири основних технологічних критеріїв.

Критерій трудомісткості виготовлення ТО. Критерій дорівнює відношенню сумарної трудомісткості проектування, виготовлення і підготовки до експлуатації виробу до його головного показника ефективності, тобто являє собою питому трудомісткість виготовлення на одиницю одержуваної ефективності.

Головний показник ефективності вибирають таким чином, щоб критерій трудомісткості об'єктивно відображав прогресивний розвиток розглянутих ТО.

Критерій технологічних можливостей. Будь-який ТО, розроблений тільки з урахуванням функціональних і антропологічних критеріїв (вимог), може містити не більш п'яти типів елементів (агрегатів, вузлів, деталей):

A_c — стандартні або покупні елементи, одержувані в готовому вигляді;

A_y — уніфіковані елементи, запозичені з існуючих ТО;

A_{H1} — оригінальні (нові) елементи, виготовлення яких не викликає ускладнень (можуть бути виготовлені на наявному устаткуванні), але потребує розробки і відпрацьовування технології їх виготовлення;

A_{H2} — оригінальні елементи, виготовлення яких викликає значні, але переборні труднощі (потрібна розробка нової технології з попереднім виготовленням складного технологічного оснащення, придбання дефіцитного устаткування тощо);

A_{H3} — оригінальні елементи, виготовлення яких викликає принципіві, поки нездоланні труднощі (відсутнє у принципі або не можна придбати необхідного технологічного устаткування або відповідних матеріалів, потрібне попереднє проведення НДР).

Критерій технологічних можливостей має відображати простоту і принципову можливість виготовлення ТО [6, 10].

Критерій технологічних можливостей відбиває фактор спадковості в техніці. При переході від одного покоління ТО до іншого цей критерій змушує найбільшою мірою зберігати і використовувати перевірені практикою функціональні елементи, відпрацьовану технологію їх виготовлення й наявне технологічне устаткування. Оскільки за кожну конструктивну зміну в новому поколінні ТО доводиться «платити» значними додатковими витратами, пов'язаними зі зміною технологічного процесу і створенням відповідного технологічного устаткування, пристроїв та інструменту, то тим більше є ризик, що нові елементи не виправдають себе на практиці.

Критерій використання матеріалів. Для виготовлення елементів ТО використовують різні природні матеріали, відлиті заготовки, сортовий і листовий прокат, труби різних профілів,

спеціальні профільні заготовки (вали, шари, шестірні тощо) та ін. У процесі обробки вихідного матеріалу і заготовок отримують обрізки, стружку та інші відходи, у результаті чого маса готових деталей і, відповідно, ТО виходить меншою за масу витрачених матеріалів. У зв'язку з цим втрати, наприклад, чорних металів у машинобудуванні складають 20 — 25 %, відходи металу в стружку при обробці різанням — до 28 %, тобто 4,5 млн тонн на рік. У цілому коефіцієнт використання металу не перевищує 0,55.

Оскільки частка відходів здебільшого залежить від технологічних процесів і технологічного устаткування, існує і діє **технологічний критерій використання матеріалів, який дорівнює відношенню маси виробу до маси витрачених матеріалів** (при цьому покупні комплектувальні елементи не враховуються).

Критерій розподілу ТО на елементи. Майже кожен ТО можна виконати з істотно меншої кількості елементів (вузлів і деталей), ніж він зроблений насправді.

Наприклад, деякі прості вузли можна виготовити у вигляді однієї нероз'ємної деталі, окремі вузли об'єднати однією станиною тощо. Така мінімізація кількості елементів дає, здавалося б, певний вигравш за рахунок вилучення елементів спряження і з'єднання (зменшується загальна маса виробу, підвищується його твердість і надійність, зменшується трудомісткість механічної обробки і складання тощо). Однак таке удаване спрощення конструкції, поряд із зазначеними позитивними моментами, часто завдає великих втрат. Більший розподіл часто скорочує час і трудомісткість розробки і доведення виробу в цілому, оскільки в кожному новому виробі, як би добре його не було спроектовано, є більш-менш довершені вузли. Тому в процесі розробки і доведення нового виробу економічніше і простіше усувати недоліки окремих більш простих вузлів, ніж складних вузлів або виробу в цілому. Більший розподіл ТО на вузли і деталі полегшує і розширює уніфікацію і стандартизацію з властивими їм перевагами, дає змогу надмірно складні (з погляду виготовлення) за конструкцією елементи збирати з простих однотипних елементів.

При надмірному дробленні ТО на елементи багато з цих переваг обертаються недоліками.

Завжди існує оптимальний розподіл ТО на вузли і деталі, що значно спрощує технологію розробки, доведення, виготовлення, ремонту і модернізації виробів, є основою для уніфікації і стандартизації.

З Економічні критерії розвитку ТО.

Критерій витрати матеріалів. Всебічна економія матеріалів при розробленні і виготовленні ТО викликана такими причинами:

зниження вартості ТО, оскільки вартість матеріалів у ТО складає 25 — 65 % їх собівартості;

зниження транспортних і вантажно-розвантажувальних витрат під час перевезення вихідної сировини і матеріалів для виготовлення ТО і при транспортуванні готових ТО до місця їх використання;

економія енергії при експлуатації ТО (таких, як транспортні, обробні й інші машини і пристрої), у яких значна частина енергії витрачається на забезпечення поступального, зворотно-поступального, обертального й іншого видів механічного руху.

Критерій витрати матеріалу дорівнює відношенню маси технічної системи до її головного показника ефективності, тобто являє собою питому масу матеріалів на одиницю одержуваної ефективності.

Критерій витрати енергії. При виготовленні і (або) експлуатації ТО, як правило, витрачається певна кількість енергії. Оскільки задоволення зростаючих потреб людей звичайно жорстко обмежується наявними енергетичними можливостями, то зазначені витрати енергії завжди прагнуть звести до мінімуму.

Оскільки більшість конструктивних заходів щодо поліпшення критерію зводиться до підвищення частки енергії, використовуваної безпосередньо для виконання корисної роботи, то в інженерній практиці широко використовують ще одну модифікацію критерію витрати енергії, яка називається коефіцієнтом корисної дії.

Критерій витрат на інформаційне забезпечення. Останнім часом у зв'язку із широким використанням обчислювальної техніки виникли і зросли витрати на підготовку й обробку інформації при створенні й експлуатації багатьох ТО. Ці витрати стають рівними з витратами на матеріали й енергію, а

прибутки від них швидко зростають. У зв'язку з цим постала потреба введення критерію витрат на інформаційне забезпечення у вигляді **відношення витрат на підготовку й обробку інформації, що включають вартість або експлуатацію обчислювальної техніки, розробку (або оренду) програмного й інформаційного забезпечення і т. д. до головного показника ефективності.**

Критерій габаритних розмірів ТО. Зниження габаритних розмірів ТО і їхніх елементів пов'язано в першу чергу з одержанням таких вигод:

зменшення площі й об'єму будинків і приміщень, у яких постійно або тимчасово перебувають ТО;

зменшення площі землі, яку займають безпосередньо ТО або будинки, у яких містяться ТО;

збільшення корисного обсягу в ТО типу літальних і космічних апаратів, суден, підводних човнів тощо;

скорочення витрат на захист ТО (витрати на матеріал корпусу, кожухи, чохли, лакофарбові покриття тощо) і догляд за ними;

скорочення витрат на транспортування ТО.

Критерій габаритних розмірів дорівнює відношенню основних габаритних розмірів технічного об'єкта до його ефективності.

4 Антропологічні критерії розвитку ТО.

Група антропологічних критеріїв забезпечує по можливості найбільшу відповідність і пристосування ТО до людини, зниження дискомфорту і підвищення позитивних емоцій, зниження або виключення шкідливих і небезпечних (безпосередніх або пасивних) впливів ТО на людину.

Критерій ергономічності ТО. Ефективність багатьох ТО значною мірою залежить від того, наскільки вони пристосовані до психофізіологічних якостей людини-оператора, що використовує цей ТО або керує ним при впливі на предмет обробки, тобто наскільки в системі людина – машина використані фізичні, психічні й інтелектуальні можливості людини.

Властивість системи людина – машина змінювати свою ефективність залежно від ступеня використання можливостей людини-оператора називають ергономічністю.

Критерій ергономічності для конкретного ТО дорівнює відношенню реалізованої ефективності системи людина — машина до максимально можливої ефективності цієї системи. Критерій ергономічності можна інтерпретувати як коефіцієнт корисної дії людини в системі людина – машина, тим більше, що границя і характер зміни значень цього критерію такі самі, як в енергетичного коефіцієнта корисної дії.

Критерій краси ТО. Естетичний вплив ТО на людину.

Критерій безпеки ТО. Багато ТО, а також продукція, що ними випускається, і використовувана сировина шкідливо або небезпечно впливають на працівників і оточення взагалі:

ураження органів, що призводять до тимчасової втрати працездатності;

важкі ураження, що призводять до постійної втрати працездатності (переклад до інвалідності);

смертельні випадки.

У зв'язку з цим існує критерій безпеки, під дією якого ТО у своєму розвитку має тенденцію до зниження або виключення шкідливих і небезпечних впливів на оточуючих людей.

Критерій екологічності. Критерій екологічності, або критерій збереження навколишнього середовища, має регулювати відносини між живою природою і ТО з погляду комфортності і можливості життя людей.

Жорсткий вплив критерію не має на увазі абсолютного припинення небажаних забруднень і змін природи, оскільки найперших потреб зростаючого народонаселення не можна задовольнити, не роблячи таких змін. Цей критерій насамперед має впливати на вибір засобів мінімального впливу на природу, на серйозне обґрунтування нормативів забруднення і зміни середовища, порушення яких завдає великої шкоди порівняно з користю або взагалі неприпустимо. Під засобами мінімального впливу на природу розуміється також широке використання компенсаційних заходів, що забезпечують у цілому зменшення або стабілізацію критерію. Наприклад, одночасно зі створенням ТО, що підвищують критерій екологічності, вилучають деякі існуючі ТО або вживають спеціальних заходів щодо відновлення природи і т. д.

2.4 Недоліки і дефекти ТО

У будь-якого ТО в процесі виготовлення й експлуатації відразу або згодом виявляються певні **недоліки (дефекти)**, що виникають найчастіше з таких **причин** [5, 7]:

при проектуванні ТО деякі вимоги були занижені (наприклад, виявився недостатнім обсяг резервних ємностей) або завищені (надмірний запас міцності в окремих елементах);

у список вимог не включені які-небудь істотні вимоги (наприклад, захист від комах одного з блоків);

список мав зайві вимоги (введений зворотний зв'язок в автоматичному керуванні, що знижує ефективність роботи оператора);

значення деяких параметрів, і в першу чергу критеріїв розвитку, мають показники нижче світового рівня, тобто виріб виявився неконкурентоспроможним.

До недоліків належать невраховані вимоги, незадоволені вимоги і вимоги, що можуть поліпшити який-небудь показник якості.

У підсумку для кожного використовуваного ТО формується перелік недоліків, що служить основою для складання списку вимог при розробленні і проектуванні нового покоління ТО.

2.5 Моделі ТО

Модель ТО дає можливість одержати відповіді на два запитання [8, 11]:

Чи відповідає розглянутий ТО або його опис (ТФ, ФС, ФПД, ТР або проєкт) даній вимозі або списку вимог?

Який із двох альтернативних варіантів ТО кращий за даним показником якості?

Для оцінки відповідності вимоги і вибору кращого варіанта використовують **три типи моделей** і відповідно три способи і засоби моделювання.

Уявні, або інтуїтивні, моделі. Їх реалізує людина (експерт), що на основі наявних знань і досвіду проводить уявні експерименти з ТО з метою виявити його відповідність вимогам

або вибрати з двох варіантів найкращий за певним показником якості.

Математичні моделі. Вони дають змогу оцінити вимоги і критерії якості за допомогою розрахункових формул, систем рівнянь, алгоритмів тощо.

Фізичні моделі. За їх допомогою можна оцінити вимоги і критерії якості шляхом реалізації й випробування самого ТО або його зменшених (іноді збільшених) і часто спрощених зразків.

На сьогодні вибір того чи іншого типу моделей обумовлюється вимогами щодо точності, витрат часу і вартості моделювання.

В інженерній практиці поряд з використанням у чистому вигляді зазначених трьох типів моделей використовують також їх різні комбінації. Наприклад, аналогове моделювання являє собою комбінацію математичного і фізичного моделювання. Буває комбінування уявних і математичних моделей, коли в методиці (алгоритмі) розрахунку використовують попередні або наступні експертні оцінки.

2.6 Конструктивна еволюція ТО

Вивчення конструктивної еволюції пов'язано з вивченням і аналізом історії розвитку класу ТО, який цікавить, що мають однакові або близькі функції.

Таке дослідження ґрунтується на законі прогресивної еволюції ТО, сутність якого полягає в повторенні такого циклу:

- 1) початок виготовлення і використання покоління технічних об'єктів;
- 2) накопичення протягом часу недоліків у покоління;
- 3) розробка нового покоління, що усуває недоліки, і початок його виготовлення і використання.

Найбільш важливі **цілі проведення аналізу конструктивної еволюції**, що виправдають значні витрати на вивчення і дослідження історії техніки:

1 При створенні нового покоління ТО, як правило, є кілька шляхів подальшої конструктивної зміни й удосконалювання ТО. Серед усіх альтернативних шляхів звичайно тільки один буває найбільш правильним і перспективним. Інші часто виявляються

тупиковими. Тому перед конструктором щоразу постає відповідальне завдання не тільки винайти кілька альтернативних поліпшених технічних рішень, а й, головне, **знайти єдине найбільш правильне рішення.**

Подальший розвиток і удосконалювання будь-якого ТО, як правило, ґрунтується на всій історії його конструктивної еволюції. Знання цієї історії найкраще орієнтує конструктора, тобто вивчення еволюції допомагає інженерові **виявити основні стійкі фактори**, що впливають на розвиток ТО, і найбільш правильно сформулювати для себе тенденції його розвитку.

2 Знання історії ТО часто **підказує вдалі ідеї подальшого удосконалювання.** Це пов'язано з тим, що в галузі техніки діє філософський закон заперечення заперечення, що характеризує розвиток по спіралі. В інженерній практиці у зв'язку з цим існує афоризм: «Усе нове — добре забуте старе».

Так, наприклад, у XVII столітті водяні колеса як джерело енергії були витіснені паровими машинами, а наприкінці XIX століття з'явилися гідравлічні турбіни, що до середини XX століття набули дуже значного поширення. Із середини XX століття поширення гідравлічних турбін (гідроелектричних станцій) стало обмежуватися бурхливим розвитком теплових електростанцій. На сьогодні знову підвищується роль гідроелектричних станцій (припливні, прибійні тощо). Ще один приклад. До 1870 року припинилося використання гладкоствольних артилерійських знарядь, що заряджаються з дула. Стали панувати нарізні гармати, що заряджаються з казенної частини, але приблизно через 70 років з'явилися міномети.

3 Аналіз конструктивної еволюції дозволяє виявити і стисло описати **досвід вирішення задач інженерної творчості.** Такий досвід часто формують у вигляді узагальнених евристичних прийомів (правил), що підказують одержання від прототипу - поліпшеного рішення. Цінність таких правил полягає в тому, що вони для даного класу ТО (і для інших класів) часто спрацьовують повторно, тобто їх є сенс свідомо використовувати, тим більше, що серед них виявляються і випадкові закономірності зміни конструкції ТО.

4 Кожен гарний художник з метою удосконалення своєї майстерності вважає обов'язковим для себе копіювання робіт великих майстрів. Також і гарний конструктор-винахідник повинен осмислити в деталях і «пропустити через себе» процес одержання видатних винаходів, насамперед у своїй галузі. Аналіз конструктивної еволюції дає змогу отримувати таке розумове тренування і поглиблено вивчати роботу і досвід видатних конструкторів.

5 Поглиблене і усебічне вивчення конструктивної еволюції класу ТО дає можливість набрати необхідну суму фактів для **формулювання закономірностей будови і розвитку**. Знання таких закономірностей ще більше полегшить знаходження нових, ефективних і перспективних технічних рішень. У зв'язку з цим можна сказати, що найвищий рівень інженерної творчості полягає у виявленні і формулюванні законів і закономірностей будови і розвитку ТО і свідомому їх використанні в пошуку поліпшених технічних рішень.

ЛЕКЦІЯ 3. Постановка й аналіз задачі інженерної творчості

План лекції

- 3.1 Методика постановки інженерних задач.
- 3.2 Попередня постановка задачі.
- 3.3 Уточнена постановка задачі.

3.1 Методика постановки інженерних задач

Методика постановки найширшого класу задач інженерної творчості використовується, **коли потрібно поліпшити відомий пристрій, який називається прототипом, вносячи до нього певні зміни**. Ця методика не охоплює інших класів задач, таких як пошук нових потреб і формулювання нових функцій ТО; розробка принципово нових технічних рішень, що не мають прототипів; постановка задач пошуку нових технічних рішень як задач математичного програмування [2].

Постановка задачі — нелегка робота. Однак потрібно завжди пам'ятати, що правильна постановка творчої інженерної задачі — це половина її рішення. Вона часто пов'язана з відсіканням багатьох безперспективних і тупикових напрямків пошуку. Часто трапляються випадки, коли рішення задачі знаходять у процесі її постановки. Тому не слід заощаджувати час на аналіз і постановку задачі.

Для вирішення задач інженерної творчості робиться кілька наближень до шуканого рішення на основі отриманих результатів [12].

Постановка задачі має два етапи:

Попередня постановка задачі. На першому етапі виконують роботу за допомогою операцій 1 — 5, після чого починаються спроби вирішення задачі природним способом «проб і помилок» або за допомогою будь-якого методу.

Уточнена постановка задачі. На другому етапі виконуються операції 6 — 12 з наступними спробами вирішення задачі.

Після виконання кожної операції бажано стисло записати отриманий результат.

3.2 Попередня постановка задачі

Операція 1. Опис проблемної ситуації.

Ця операція являє собою попереднє стисле формулювання задачі, у якій мають бути відповіді на такі запитання:

а) у чому полягає ускладнення або проблемна ситуація і яка її передісторія?

б) що потрібно зробити для усунення проблемної ситуації, тобто яку потребу потрібно задовольнити?

в) що заважає усуненню проблемної ситуації або досягненню мети?

г) що дає рішення задачі для людей, підприємства, галузі і т. д.?

Операція 2. Опис функції (призначення) ТО.

Опис містить чітку і стисло характеристику технічного засобу, за допомогою якого можна задовольнити виниклу потребу.

При цьому рекомендується давати спочатку якісний, а потім кількісний опис функції, яку необхідно реалізувати за допомогою ТО, що розроблюється.

Операція 3. Вибір прототипу і складання списку вимог.

В описі проблемної ситуації часто вказують прототип, який потрібно удосконалити. Цей вихідний прототип звичайно доводиться брати за основу при пошуку поліпшеного рішення. Вибирають ще 1-2 додаткових прототипи, що мають певні переваги в порівнянні з вихідним.

При цьому в першу чергу використовуються існуючі на практиці вироби на рівні найкращих світових зразків, аналогічні технічні рішення у провідному класі ТО. Провідний клас ТО порівняно з розглянутим має близьку функцію і більш високий технічний рівень. Наприклад, для вагонобудування провідним класом може бути авіація, для будівництва — машинобудування.

При виборі додаткових прототипів рекомендується використовувати словники технічних функцій, міжнародну класифікацію винаходів, патентні описи за останні 5 – 10 років (як за розглянутим, так і функціонально близькими класами ТО), каталоги виставок і т. д.

Список основних вимог до прототипу складають залежно від рівня його опису у вигляді списку вимог до принципу дії або технічного рішення.

Кількісний опис функції ТО разом зі списком основних вимог являє собою **технічне завдання** на розробку нового покоління ТО.

Іноді при виборі прототипу вдається знайти вдале рішення і тим самим зняти проблемну ситуацію. У цьому випадку за дефіциту часу і ресурсів можна припинити вирішення задачі пошуку поліпшеного технічного рішення. Однак за наявності часу майже завжди є сенс і можливість поліпшити знайдене рішення і тим самим відсунути час виникнення нової проблемної ситуації.

Операція 4. Складання списку недоліків прототипу.

Кожен використовуваний ТО звичайно має деякий список недоліків, усунення яких забезпечує одержання нової поліпшеної модифікації ТО.

При виконанні цієї операції необхідно прагнути виявити всі недоліки прототипу, що можуть бути усунуті в новому виробі, тобто для кожного прототипу слід вказати:

- критерії розвитку ТО;
- показники, що не відповідають сформульованій функції;
- фактори, що знижують ефективність або ускладнюють використання прототипу;
- показники, що бажано поліпшити.

Для кожного критерію, показника і фактора слід дати кількісну оцінку з перспективою на майбутнє. Перелік потребуючих поліпшення критеріїв, показників і факторів з їх кількісною оцінкою будемо називати **списком недоліків прототипу**.

При складанні списку недоліків доцільно вивчити конструктивну еволюцію розглянутих ТО. Отриманий список недоліків необхідно упорядкувати за ступенем важливості їх усунення і виділити найважливіші недоліки, усунення яких будемо вважати **головною метою вирішення задачі**.

Операція 5. Попереднє формулювання задачі.

Стисло узагальнюються результати, отримані при виконанні операцій 1 – 4. При цьому задача традиційно складається з двох частин: «дано» і «потрібно».

Дано:

а) якісний або кількісний (залежно від характеру задачі) опис функції й обмежень, що накладаються на реалізацію функцій;

б) перелік і опис можливих прототипів і списки вимог до них;

в) списки недоліків прототипів.

Потрібно:

у процесі вирішення задачі так змінити прототип, тобто знайти таке нове технічне рішення, яке б реалізувало функцію, яка цікавить, і не мало (або мало меншою мірою) недоліки, властиві прототипу.

3.3 Уточнена постановка задачі

Операція 6. Аналіз функцій прототипу і побудова поліпшеної конструктивної функціональної структури.

Виконується аналіз функцій прототипу і побудова його конструктивної функціональної структури (ФС).

Після цього проводять корегування (поліпшення) ФС, для чого необхідно відповісти на запитання:

а) які можна ввести нові функціональні елементи, що забезпечуватимуть усунення недоліків прототипу або істотне підвищення ефективності і якості ТО?

б) які можна виключити елементи для усунення недоліків прототипу або підвищення ефективності і якості ТО?

в) які елементи доцільно виключити шляхом передачі їх функцій іншим елементам?

г) для яких елементів, що мають кілька функцій, доцільний поділ функцій і введення замість одного двох або більш елементів?

Після відповідей на запитання будують поліпшену конструктивну ФС. При цьому можливі ситуації, коли не вдається змінити ФС прототипу або з'являється кілька альтернативних поліпшених ФС.

Операція 7. Аналіз функцій вищої за ієрархією системи.

Майже завжди розглянутий ТО можна представити як елемент в іншій, більш складній технічній системі (наприклад, деталь у вузлі, вузол у машині, машина в технологічній лінії цеху і т. д.).

Для аналізу необхідно:

- виділити вищу за ієрархією систему, у якій як окремі елементи (підсистеми) виступають розглянуті ТО й інші суміжні з ними об'єкти (інші ТО, навколишнє середовище, людина і т. д.);

- описати функції всіх елементів, що входять у виділену систему, і побудувати конструктивну ФС;

- з'ясувати можливість задоволення потреби, тобто:

чи можна виконати функцію розглянутого ТО шляхом внесення змін у суміжні об'єкти;

чи не можна якому-небудь суміжному об'єктові частково або повністю передати виконання функції розглянутого ТО;

що заважає внесенню необхідних змін і чи не можна усунути фактори, що заважають;

- сформулювати за аналогією до операції 5 задачу внесення змін у суміжні об'єкти. Провести техніко-економічне порівняння первісної постановки задачі за операцією 5 із задачею внесення зміни в суміжні об'єкти. Якщо остання більш ефективна, то слід проробити її за операціями 1 – 6.

Операція 8. Виявлення причин виникнення недоліків.

Проводиться більш поглиблений аналіз і вивчення задачі в напрямку виявлення причин виникнення недоліків у прототипі, сформульованих при виконанні операції 4.

Варто порівняти кожен недолік і причину його виникнення і спробувати відповісти на запитання: чи можна повністю або частково позбутися недоліку, виключивши причину його виникнення?

Операція 9. Виявлення й аналіз протиріч розвитку.

Поліпшення багатьох ТО пов'язане з подоланням протиріч розвитку, що можуть виникнути в наступній типовій ситуації.

Поліпшення якого-небудь бажаного показника ТО призводить до істотного погіршення одного або декількох інших важливих показників (наприклад, збільшення вантажопідйомності моста призводить до збільшення витрати матеріалів; зниження перешкод від деформації антени радіотелескопа призводить до різкого підвищення вартості антени).

Операція 10. Уточнення списку прототипів і формування ідеального технічного рішення.

Необхідно ще раз повернутися до вибору найбільш вдалого прототипу для розробки поліпшеного ТО. Сформулювати і надати ідеальне технічне рішення.

Ідеальне технічне рішення (ІТР) має такі властивості:

- в ІТР розміри ТО наближаються або збігаються з розмірами оброблюваного об'єкта або такого, що транспортується, а чиста маса ТО набагато менша за масу оброблюваного об'єкта;

- в ІТР маса і розміри ТО або його головних функціональних елементів наближаються до нуля, а в граничному випадку дорівнюють нулю (коли пристрою взагалі немає, але необхідна функція виконується);

- в ІТР час обробки об'єкта наближається до нуля або дорівнює нулю;
- в ІТР ККД наближається до одиниці або дорівнює одиниці, а витрата енергії наближається до нуля або дорівнює нулю;
- в ІТР усі частини ТО увесь час виконують корисну роботу в повну міру своїх розрахункових можливостей;
- ТО, що має ІТР, функціонує нескінченно тривалий час без ремонту і зупинок;
- ТО, що має ІТР, функціонує без людини або за його мінімальної участі;
- ТО, що має ІТР, не має жодного негативного впливу на людину і навколишнє природне середовище.

Операція 11. Поліпшення інших показників ТО.

При розробленні нової моделі або нового покоління ТО прагнуть зробити вироби, що не тільки б усували головні видимі недоліки (визначені в операції 4), але і мали значні переваги перед існуючими виробами з комплексу всіх істотних показників.

Тому стосовно обраного в операції 10 прототипу рекомендується провести аналіз і відповісти на запитання:

- а) які ще можна усунути недоліки в прототипі?
- б) які показники можуть бути додатково поліпшені і на скільки?

Операція 12. Уточнена постановка задачі.

За формою вона викладається, як і попередня постановка задачі (в операції 5). При цьому до вихідних даних належать:

- якісний і кількісний опис функції ТО;
- перелік і стислий опис прототипів, до яких можуть бути віднесені поліпшені функціональні структури й ІТР, і списки основних вимог до прототипів;
- списки головних недоліків прототипів із зазначенням неочевидних причин виникнення недоліків;
- списки додаткових недоліків і показників, які бажано поліпшити;
- формулювання протиріч розвитку прототипів.

ЛЕКЦІЯ 4. Методи інженерної творчості

План лекції

4.1 Метод і списки контрольних питань.

4.2 Синектика.

4.3 Метод морфологічного аналізу.

4.4 Алгоритм вирішення винахідницьких задач

Г. С. Альтшуллера.

4.1 Метод і списки контрольних питань

Уперше використання методу контрольних питань для пошуку нових ідей і найкращих конструкторсько-технологічних рішень було запропоновано і здійснено керівником винахідницького бюро в Кембриджі (Англія) у 1955 р. **Тімом Ейлоартом**. Подальший розвиток цього методу знайшов свій вияв в оригінальному списку контрольних питань **А. Осборна**, у правилах **М. Трінга** і **Е. Лейтуейта**, у переліку питань і порад **Д. Пойа** та інших авторів [2, 6].

Метод контрольних питань базується на застосуванні так званих «списків контрольних питань», що являють собою прийоми евристики, до складу яких включені навідні запитання, вказівки-поради, підказки, часткові роз'яснення.

Цей метод набув широкого застосування не тільки в інженерній і винахідницькій практиці, але й у навчальному процесі, оскільки він розвиває творче мислення користувачів, ставлячи перед ними заздалегідь сформульовані питання, на які вони послідовно і з вичерпною повнотою повинні давати відповіді.

Логіка змісту і композиція побудови списку контрольних питань насамперед орієнтована на те, щоб відвернути розроблювачів від їхніх звичних, стереотипних уявлень щодо вирішення технічних протиріч, допомогти перебороти їм психологічну інерцію мислення, вивільнити їхні творчі можливості. Разом з тим у списках контрольних питань міститься певна ієрархічна послідовність подачі питань, по суті справи, що

являє собою евристичний алгоритм випадкового пошуку раціонального рішення технічної проблеми.

Список контрольних питань Т. Ейлоарта для винахідників і розроблювачів нових технічних об'єктів містить такі позиції:

1 Перелічіть усі якості і визначення передбачуваного винаходу, вкажіть, у який бік передбачається їх змінити.

2 Чітко сформулюйте задачі створення об'єкта, виділивши серед них головні і другорядні.

3 Перелічіть основні принципи і недоліки відомих рішень розглянутої задачі, сформулюйте свої пропозиції щодо їх усунення.

4 Висловіть і запишіть різні, нехай навіть фантастичні, аналогії (хімічні, біологічні, економічні тощо).

5 Побудуйте якісь моделі об'єкта: математичні, гідравлічні, механічні, електронні тощо, оскільки моделі найбільш точно виражають ідеї, ніж аналогії.

6 Спробуйте застосувати для удосконалення об'єкта інші види матеріалів, енергії, інші фізичні, хімічні ефекти тощо.

7 Спробуйте установити залежності, взаємні зв'язки і логічні збіги.

8 Довідайтеся про думку щодо вирішення головної задачі в людей, зовсім не обізнаних з даною проблемою.

9 Влаштуйте вільне групове обговорення проблеми, вислуховуючи будь-які ідеї без критики.

10 Спробуйте використовувати «національні» підходи до вирішення задач: хитре шотландське, марнотратне американське, складне китайське, усеосяжне німецьке тощо.

11 Постарайтеся бути завжди з проблемою, не розлучаючись з нею не тільки на роботі, але й у поїзді, на прогулянці, у грі.

12 Треба постаратися зануритися в обстановку, що стимулює творчість: побувати в технічному музеї, в антикварному магазині, переглянути журнали, комікси.

13 Складіть порівняльні таблиці типів матеріалів, геометричних параметрів і інших величин об'єкта і його елементів, а також їх цін для різних варіантів вирішення проблеми.

14 Визначте ідеальні кінцеві результати розроблення об'єкта.

15 Спробуйте видозмінити рішення поставленої проблеми в часі, а також за рахунок зміни властивостей і параметрів об'єкта.

16 Спробуйте в уяві «залізти» усередину об'єкта і розглянути його зсередини.

17 Виявіть і виключіть з подальшого обговорення альтернативні варіанти вирішення проблеми, що ведуть убік від траєкторії пошуку найкращого рішення.

18 Спробуйте виявити, кого і чому цікавить вирішувана проблема.

19 Виявіть, хто першим і коли придумав аналогічний технічний об'єкт, чи були помилкові спроби його удосконалення.

20 Хто ще вирішував аналогічну проблему і чого він домогся?

21 Виявіть й обґрунтуйте обмежувальні умови виготовлення і застосування об'єкта.

Послідовність постановки контрольних питань у списку Т. Ейлоарта утворює якусь мислєдіяльну траєкторію (або, як ми говорили вище, евристичний алгоритм), що веде розроблювача до поставленої мети.

До того ж на окремих етапах цієї мислєдіяльності передбачені психологічні тренінги (питання 4, 10, 12, 16), що активізують творчу уяву і фантазію, додають мисленню розкутості і гнучкості.

4.2 Синектика

Автором синектики – методу пошуку нових рішень – вважається американський дослідник У. Д. Гордон. В основу синектики, розробленої ним у середині 50-х рр. ХХ ст., був покладений метод мозкової атаки. Завдяки своїй високій продуктивності, цей метод набув дуже швидкого і широкомасштабного застосування, що дозволило У. Д. Гордону вже в 1960 р. створити спеціальну фірму з навчання творчого [7].

Слово «синектика» у перекладі з грецької мови означає «поєднання різнорідних елементів». У повному сучасному словнику англійської мови подано таке визначення: «Синектичні

групи — групи людей різних спеціальностей, що зустрічаються з метою спроби творчих вирішень проблем шляхом необмеженого тренування уяви й об'єднання несумісних елементів».

Розглянемо, чим відрізняється синектика від методу мозкової атаки. Звичайну мозкову атаку проводять люди, не навчені спеціальних творчих прийомів. Синектика передбачає створення постійних груп «професійних генераторів» нових ідей, що володіють високим рівнем спеціалізації, синекторів. Такі групи, накопичуючи досвід і освоюючи високоефективні творчі прийоми, працюють набагато продуктивніше, ніж ненавчені «генератори» у випадково сформованих колективах.

Синектичні сеанси проводяться спеціально сформованими групами з 5-7 осіб, що пройшли попереднє навчання. До синекторів приймають зрілих людей, що мають широкий кругозір і володіють, як правило, двома спеціальностями (наприклад хімік-музикант, лікар-механік, електрик-художник).

Інженери і винахідники використовують аналогії на аматорському рівні, тоді як синекторів навчають професійного опановування процесами аналогізування.

Синектори навчаються пошуку нових ідей шляхом застосування чотирьох видів аналогій:

- прямої;
- особистісної;
- фантастичної;
- символічної.

Пряма аналогія широко використовується у винахідницькій і інженерній практиці. Дуже часто застосовують її і синектори, однак їх попередня дидактична і психологічна підготовка дає змогу розширити і поглибити сферу існуючих аналогій.

Особистісна аналогія (названа емпатією). **Емпатія** — збагнення емоційного стану іншої людини у формі співпереживання. Синектор теж ототожнює себе з об'єктом, який він намагається удосконалити або створити заново, і уявляє собі, що б він робив сам, якби виявився на місці цього об'єкта.

У більшості дорослих людей до 25 років життя (через набуте ними раціональне мислення) від уміння уявляти себе яким-небудь об'єктом не залишається і сліду. Емпатія може бути

досить корисною при вирішенні найрізноманітніших творчих задач.

Задача будь-якого винахідника, а тим більше професійного синектора, полягає в тому, щоб увійти в образ і стати, наприклад, деталлю машини і «подивитися» з її позиції, з її точки зору, що можна зробити для її удосконалення. Винахідник може ототожнити себе: з лопастю гвинта вертольота, щоб відчути, які сили впливають на неї з боку повітряного потоку і з боку втулки; з ядром волоського горіха, що не вдається розколоти звичайним способом, і спробувати знайти спосіб розколоти його зсередини.

Умінням ототожнювати себе з технічними об'єктами володіють деякі фахівці науки і техніки. Цим прийомом добре володіють артисти, оскільки їх цього навчають у театральних студіях.

Фантастична аналогія пов'язана з бажанням, щоб відбулося те, чого хочеться. Міркування над фантастичними, нереальними або надприродними процесами стимулює виникнення нових ідей.

Символічна аналогія використовує метафори і порівняння, ототожнюючи характеристики одного предмета з характеристиками іншого.

Іноді цей метод називають «використанням метафори у назві книги». Не випадково цим прийомом часто користуються журналісти і літератори для того, щоб у назві книги, журналу або статті яскраво і лаконічно відбити суперечливу сутність описуваних явищ або персонажів. Серед відомих нам книг, кінофільмів і телевізійних сценаріїв: «Безвинно винуваті», «Живий труп», «Гарячий сніг», «Очевидне — неймовірне», «Квіти зла».

У такий спосіб характеристики корисно давати і технічним об'єктам. З цією метою керівник сеансу вибирає ключове слово і пропонує виразити його сутність у вигляді стислого визначення, що має оригінальний і парадоксальний характер і складається з іменника і прикметника. Наприклад: полум'я — видима теплота, екологія — чисте джерело, мармур — райдужна сталість, мурахи — невтомні трудівники тощо.

Знайти вдалу «назву книги» вдається не відразу. Тому перші варіанти поправляють і уточнюють, а бажаний результат звичайно одержують після 5-10 спроб.

Синектори працюють за певною програмою, що складається з таких п'яти послідовних етапів:

1-й етап. На цьому етапі синектори формують і уточнюють «проблему, як вона дана». Особливістю етапу є те, що ніхто з учасників, крім керівника, не знає конкретних умов задачі, оскільки її передчасна конкретизація ускладнює абстрагування, не дає піти від звичного стилю мислення.

2-й етап. На цьому етапі формулюють «проблему, як її розуміють». Розглядають можливості перетворити незнайому і незвичну проблему в ряд більш звичайних задач. Кожен учасник знаходить і формулює одну з цілей поставленої проблеми.

3-й етап. Тут починається генерування ідеї. Починається «екскурсія» різними галузями техніки, живої природи, психології для виявлення того, як аналогічні проблеми вирішуються в цих (далеких від розв'язуваної задачі) сферах. У процесі знаходження таких прикладів синектори використовують усі види аналогій, розглянутих вище.

4-й етап. На цьому етапі виявлені в процесі генерації ідеї переносяться до «проблеми, як вона дана» або до «проблеми, як її зрозуміли».

5-й етап. Час, що залишився, синектори присвячують вивченню й обговоренню отриманих результатів, консультуються з фахівцями, експериментують, шукають кращі способи реалізації прийнятого рішення.

Синектика вважається найсильнішим методом вирішення творчих задач, що зберігає принцип перебору варіантів. Однак вона має серйозний недолік — вона не використовує знань закономірностей розвитку техніки, але іноді ці закономірності проявляються через досвід синекторів.

4.3 Метод морфологічного аналізу

Термін «морфологія» (вчення про форму) уперше використовував Йоганн Вольфганг Гете — німецький мислитель, натураліст і всесвітньо відомий письменник, поет. Він

був основоположником морфології організмів — навчання про форму і будову рослин і тварин.

Автором методу морфологічного аналізу є швейцарський астроном **Ф. Цвікки**, що не дав розгорнутого визначення цього поняття, а лише вказав, що цей метод дає змогу знаходити усі варіанти вирішення проблеми. Уперше морфологічний аналіз він застосував у 1942 р. при розробленні ракетних двигунів в одній з авіаційних фірм. Він розрахував 576 усіляких варіантів реактивних двигунів, у числі яких виявилися двигуни німецьких літаків-снарядів ФАУ-1 і ракет ФАУ-2, що були в той час суворо засекреченими.

Метод дає змогу одержати сотні і тисячі можливих варіантів (комбінацій, поєднань) рішення задач зі створення нових або удосконалення відомих технічних об'єктів виходячи із закономірностей їх будови (їх морфології), дає можливість охопити їх одним поглядом і систематично досліджувати [3].

Етапи проведення морфологічного аналізу:

На 1-му етапі дається точне і повне формулювання поставленої задачі.

Наприклад, перелічити вимоги споживача до об'єкта, який розглядається.

На 2-му етапі формулюються основні морфологічні ознаки технічного об'єкта (функціональні вузли, параметри), виходячи із закономірностей його будови.

На 3-му етапі проводиться незалежний аналіз усіх морфологічних ознак; для кожного з них намічаються всі можливі варіанти рішення проблеми. Причому до всіх елементів морфологічного дослідження має бути виявлено однаковий інтерес. Доки не буде отримано повної картини усіх варіантів структури досліджуваного об'єкта, не можна вводити жодних обмежень у рішення.

4-й етап: складання багатовимірної матриці, у якій кожній морфологічній ознаці відповідає графа можливих варіантів рішення задачі.

Морфологічну матрицю конструктивного komponування ТО подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Морфологічна матриця

Ознаки	Варіанти						
	1	2	3	4	5	6	7
1 Способи переміщення по поверхні	11	12	13	14	15	16	17
2 Принципи здійснення руху	21	22	23	24			
3 Види перетворювачів енергії	31	32	34	35			
4 Типи джерел енергії	41	42	43	44			
5 Типи систем керування	51	52	53	54			
6 Системи життєзабезпечення	61	62	63	64	65		
7 Системи орієнтації	71	72	73				

У розглянутій морфологічній матриці міститься 33 600 варіантів.

Матриця істотно полегшує вирішення задачі синтезу конструктивного komponування технічного об'єкта, у даному випадку автомобіля-всюдихода, за рахунок систематизованого перебору різних варіантів рішення задачі. При цьому кожен варіант рішення умовно записується у вигляді набору випадкових ознак, наприклад: 14-22-31-53-42-65 або 16-24-32-42-54-63.

Простий перебір приводить до великої кількості варіантів, що дорівнює добуткові чисел випадкових ознак у кожному рядку матриці.

5-й етап: аналіз і оцінка усіх без винятку варіантів рішення задачі з позицій найкращого виконання технічним об'єктом сформульованих для нього споживчих цілей і технічних функцій. При цьому більшість з обговорюваних варіантів виявляються безперспективними і неприйнятними з тих чи інших причин і виключаються з подальшого розгляду.

На 6-му етапі проводиться вибір одного або декількох синтезованих варіантів рішення задачі, що можуть виявитися перспективними для практичної реалізації. З метою підвищення точності й обґрунтованості вибору можна використовувати метод експертних оцінок, тобто залучити до аналізу й оцінки варіантів досвідчених фахівців-експертів. Іноді на цьому вирішальному етапі використовується методика багатофакторної оптимізації з введенням коефіцієнтів ваги (значущості) за кожною ознакою і варіантом.

Метод морфологічного аналізу має високу ефективність і тому широко використовується у винахідницькій і інженерно-конструкторській практиці при пошуку нових конструктивних компонентів, при створенні проєктів машин, а також при складанні прогнозів розвитку технічних систем.

Використання морфологічного аналізу на рівні методу евристичних прийомів пов'язано з перебором величезної кількості варіантів. Цей метод характеризується великою трудомісткістю і невисокою імовірністю знаходження оптимального рішення.

Недоліки багато в чому усуваються при використанні комп'ютерної технології вирішення творчих задач, яка дає змогу алгоритмізувати процес багатокритеріального вибору оптимального варіанта; у лічені хвилини видати його на дисплей або у вигляді роздруківки на принтері комп'ютера.

4.4 Алгоритм вирішення винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера

Алгоритм вирішення винахідницьких задач (АВВЗ) як метод пошуку і вирішення технічних протиріч при удосконаленні існуючих або створенні нових технічних об'єктів був розроблений інженером Г. С. Альтшуллером ще в 1947 р. і набув широкого використання у винахідницькій практиці під назвою (рос.) «АРИЗ-47». З тих пір ним був створений ряд удосконалених і модифікованих версій цього алгоритму, останній з яких має назву «АРИЗ-85 В» [5].

Під словом «алгоритм» розуміється спосіб (або програма) вирішення задачі, що пропонує як і в якій послідовності одержати результат, однозначно обумовлений вихідними даними. Оскільки у творчій і винахідницькій діяльності щодо її визначення не може бути однозначних рішень, а їх пошук проводиться з використанням евристичних методів і прийомів, то більш точно АВВЗ слід було б назвати евристичним алгоритмом. До того ж усі модифікації АВВЗ призначені тільки для здобуття загальної стратегії вирішення задачі і не передбачають конструкторсько-технологічного пророблення отриманого рішення.

У загальному вигляді структуру евристичного алгоритму вирішення винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера подано на рисунку 4.1.

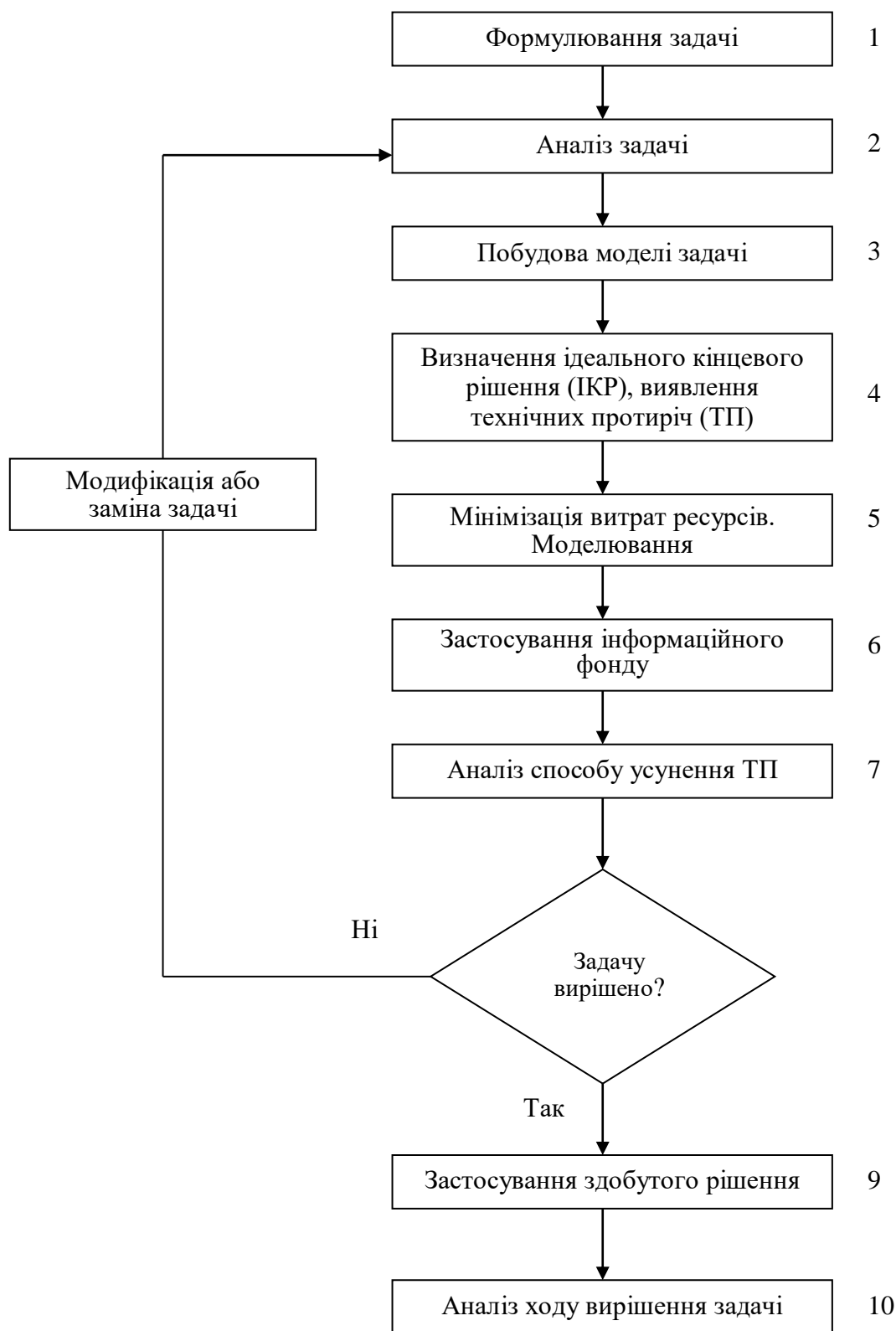


Рисунок 4.1 – Структура алгоритму вирішення винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера

Кожний із блоків цієї структури представляє відповідний укрупнений етап дій розроблювача технічного об'єкта.

Перший початковий етап роботи — це визначення винахідницької ситуації, з'ясування потреби удосконалення або створення нового об'єкта.

На **другому етапі** здійснюється перехід від заданої винахідницької ситуації до аналізу і формулювання мінімальної задачі, орієнтованої на її практично реалізоване рішення.

Потім здійснюється перехід до моделі задачі (**третій етап**). Схема конфлікту, що становить сутність задачі, при цьому гранично спрощується, а сфера аналізу звужується до оперативної зони, зміни в якій досить для вирішення задачі.

На **четвертому етапі** проводиться формулювання ідеального кінцевого рішення (ІКР), що дає змогу виявити технічні протиріччя (ТП), що заважають його досягненню.

На **п'ятому етапі** проводиться пошук способу усунення технічних протиріч за рахунок мінімізації витрат енергетичних, інформаційних і матеріальних ресурсів. Проводиться також аналіз різних елементів технічного об'єкта з використанням методу моделювання.

Для пошуку способів усунення технічних протиріч залучаються інформаційні ресурси (**шостий етап**), що є в розпорядженні розроблювача: банки фізичних, хімічних, біологічних і математичних ефектів, типові прийоми усунення технічних протиріч, надсистемні ресурси.

На **сьомому етапі** проводиться аналіз обраного способу усунення технічних протиріч, який наближає рішення задачі до ідеального. Якщо при цьому задача не вирішується, то застосовують зміну задачі, а іноді і її повну заміну (**восьмий етап**).

На **дев'ятому етапі** проводиться ув'язування синтезованого технічного пристрою з надсистемою, аналіз їх сумісності; виявляються сфери більш широкого застосування отриманого рішення.

На останньому (**десятому**) етапі проводиться аналіз і самооцінка процесу вирішення задачі, виявляються траєкторії і причини його відхилення від розглянутого канонічного алгоритму.

При виконанні окремих етапів пошукової роботи суворо за алгоритмом кожний з них впливає з попереднього етапу. Однак така логічна послідовність аж ніяк не заважає появи нових, оригінальних ідей як за рахунок варіативного вибору типових прийомів усунення технічних протиріч, так і за рахунок використання різних евристичних методів і прийомів вирішення задачі на міні- і макрорівнях. Випадковому характерові мислєдіяльності при вирішенні задач методом проб і помилок АВВЗ протиставляє високу організованість мислення в поєднанні з неординарністю розумових операцій і свідомим використанням великого масиву інформаційних ресурсів.

ЛЕКЦІЯ 5. Метод евристичних прийомів

План лекції

- 5.1 Сутність методу евристичних прийомів.
- 5.2 Фонди евристичних прийомів.
- 5.3 Постановка задачі і її вирішення.
- 5.4 Систематична евристика.

5.1 Сутність методу евристичних прийомів

Під терміном «**евристика**» розуміється певна сукупність логістичних прийомів і методичних правил теоретичного дослідження і відшукання істини, що використовуються в умовах неповноти вихідної інформації і не вимагають чіткої програми керування процесом вирішення задачі.

Евристичний прийом – стисла вказівка того, які перетворення можна провести для одержання нового рішення, досягнення поставленої мети.

З давніх часів перед людиною часто виникала така ситуація. Наявне знаряддя праці, верстат, машина або зброя переставали задовольняти нові вимоги або мали нетерпимі недоліки, яких було потрібно усунути. Людина (конструктор) намагалася знайти поліпшене технічне рішення шляхом логічного аналізу недоліків і їх усунення або шляхом пошуку і пристосування аналогічного

рішення в природі або в іншій галузі техніки, або шляхом випадкових змін прототипу [1, 2].

Усі ці не дуже систематизовані спроби пошуку поліпшеного рішення називають методом **«проб і помилок»**. На основі цього давнього способу в 40 – 50-х роках виник **метод евристичних прийомів**.

Чим винахідник-початківець відрізняється від досвідченого конструктора? При успішному вирішенні творчої інженерної задачі (ТІЗ) винахідник-початківець завжди одержує два результати: методичний результат (винайдення способу вирішення ТІЗ) і технічне рішення, яке шукали, отримане за допомогою винайденого способу.

Коли винахідник натрапляє на нову ТІЗ, то в першу чергу намагається її вирішити за допомогою винайденого ним способу. Якщо цього не вдається (оскільки зустрівся інший тип задачі), то винахідник знову змушений шукати рішення методом «проб і помилок». При успішному вирішенні він відкриває для себе другий спосіб рішення винахідницьких задач. Так поступово в людини формується свій набір способів, і він з початківця перетворюється в досвідченого винахідника [3, 6].

Такі способи або правила вирішення ТІЗ називають **евристичними прийомами (ЕП)**, у яких міститься стисле розпорядження або вказівка, «як перетворити» наявний прототип або «у якому напрямку потрібно шукати», щоб здобути рішення, яке шукають. ЕП звичайно не містить прямої однозначної вказівки, як перетворити прототип. Якщо ЕП має відношення до розглянутого ТІЗ, то він містить «підказку», що полегшує здобуття рішення, яке шукають, однак не гарантує його знаходження. Різним людям потрібно докласти різних зусиль, щоб дійти задовільного технічного рішення. Досвідчені винахідники звичайно мають свій індивідуальний набір (фонд) ЕП.

Багато ЕП можуть бути успішно використані у будь-яких галузях техніки. Вони згодом морально не старіють і виявляються корисними для інших винахідників. Способи вирішення ТІЗ, відкриті різними винахідниками, є сенс збирати, узагальнювати і навчати них винахідників-початківців. Саме на цих властивостях ґрунтується метод евристичних прийомів, що

інтегрує в методично доступній формі досвід багатьох винахідників.

Метод евристичних прийомів розроблений і набув значного поширення в СРСР. Відомо близько десяти його модифікацій.

5.2 Фонди евристичних прийомів

5.2.1 Міжгалузевий фонд евристичних прийомів

Метод евристичних прийомів ґрунтується на міжгалузевому фонді ЕП (додаток А [1, 2]). Цей фонд у скороченій методиці містить описи 180 окремих ЕП, що поділені на 12 груп.

Таблиця 5.1 – Групи евристичних прийомів

Номер групи	Найменування групи	Число ЕП
1	Перетворення форми	16
2	Перетворення структури	19
3	Перетворення в просторі	16
4	Перетворення в часі	8
5	Перетворення руху і сили	14
6	Перетворення матеріалу і речовини	23
7	Прийоми диференціації	12
8	Кількісні зміни	12
9	Використання профілактичних заходів	22
10	Використання резервів	13
11	Перетворення за аналогією	9
12	Підвищення технологічності	16
	Усього	180

Міжгалузевий фонд ЕП має універсальний характер, тобто орієнтований на будь-які галузі техніки. Тому ЕП мають узагальнений опис. У них під «об'єктами» слід розуміти ручні знаряддя та інструменти, верстати, прилади, машини, апарати, технологічні процеси, комплекси верстатів і приладів і т. д., а також їхні деталі, вузли, технологічні операції тощо. У деяких ЕП

поряд з об'єктом є сенс виділяти частини об'єкта, що називають «елементами». До них можуть належати деталі, вузли, блоки, агрегати, технологічні операції та інші частини об'єкта.

Наприкінці опису багатьох ЕП з метою скорочення дається ще вказівка «Інверсія прийому», за яким рекомендується також робити зворотне перетворення або шукати у зворотному напрямку. Наприклад, ЕП 1.2 мав би такий повний опис: «зробити в об'єкті (елементі) отвори і порожнини, усунути в об'єкті (елементі) отвори і порожнини». У будь-якому міжгалузевому або спеціалізованому фонді ЕП після опису прийому мають надаватися 2-3 приклади вирішення ТІЗ за допомогою цього ЕП.

Якщо досвідчений конструктор ознайомиться з міжгалузевим фондом ЕП, то в нього може скластися враження, що більшість прийомів йому відомі і вони начебто нічого нового не дають. Однак уся сила фонду ЕП полягає в системному всебічному охопленні проблеми або задачі. Досвідченому конструкторові (порівняно з іншим конструктором, що має фонд ЕП) буде потрібно значно більше часу, щоб згадати або додуматися до більшості прийомів і підказаних ними рішень. Поряд з цим можна стверджувати, що при завжди обмеженому часі вирішення ТІЗ деякі ЕП так і не потраплять у його поле зору, тобто фонд ЕП корисний не тільки для початківців, але і для досвідчених винахідників.

5.2.2 Індивідуальний фонд евристичних прийомів

Міжгалузевий фонд ЕП для окремих користувачів (винахідників) є «чужим» інструментом, не дуже зручним і малоприсосованим до конкретної творчої особистості. У зв'язку з цим кожному винахідникові-початківцю і раціоналізаторові рекомендується працювати над створенням індивідуального фонду ЕП, тобто над створенням свого, більш зручного й ефективного інструменту.

Можна дати певні рекомендації щодо формування індивідуального фонду ЕП.

1 Вибір з міжгалузевого фонду (додаток А) найбільш відповідних ЕП з урахуванням специфіки розв'язуваних задач

(галузі техніки, у якій працює винахідник) і своїх симпатій до певних ЕП.

2 Підбір для кожного ЕП в індивідуальному фонді прикладів вирішення ТВЗ зі своєї галузі або функціонально близьких галузей.

3 Розбір і аналіз останніх вирішених задач і запатентованих технічних рішень у своїй галузі і функціонально близьких галузях. Особливу увагу слід звертати на нові зразки техніки на рівні найкращих світових досягнень.

4 Вивчення конструктивної еволюції ТО для виявлення і формулювання ефективних ЕП, орієнтованих на клас виробів або технологій, що цікавлять, і підбору для них прикладів вирішення ТВЗ.

5 Узагальнення досвіду. Після кожного вдалого рішення ТІЗ винахідник повинен узагальнити свій досвід, тобто розглянути можливість формулювання нового ЕП на основі вирішеної задачі або можливість її використання як прикладу в якому-небудь ЕП.

Поряд зі створенням індивідуального фонду ЕП корисним буде формування фонду прототипів за своїм класом ТІЗ. Як прототипи в першу чергу рекомендується брати ті технічні рішення, які істотно відрізняються або найбільш перспективні, вироби на рівні найкращих світових зразків.

5.3 Постановка задачі і її вирішення

Можна виділити шість послідовних етапів у постановці і вирішенні ТІЗ методом евристичних прийомів.

1 При використанні методу ЕП можна обмежитися попереднім формулюванням задачі. Більш глибокий і плідний пошук рішення за допомогою методу ЕП здійснюють на основі уточненої постановки задачі.

2 Вирішення задачі починається з вибору підхожих ЕП. Вихідною інформацією для цього є:

- конкретний прототип, який потрібно поліпшити;
- головний недолік прототипу, який необхідно усунути;
- головне протиріччя розвитку прототипу, яке потрібно усунути.

Виходячи з цієї інформації переглядають у таблиці 5.1 найменування груп ЕП і відбирають (в основному інтуїтивно) найбільш підхожі групи. У кожній з цих груп переглядають усі ЕП і вибирають також інтуїтивно ті ЕП, які становлять інтерес для розглянутої задачі.

Якщо вибір груп ЕП ускладнений, то найбільш підхожі ЕП відбирають шляхом перегляду усього фонду.

У методі евристичних прийомів нема сенсу давати які-небудь формальні або напівформальні правила вибору найбільш підхожих ЕП для конкретної задачі. Якщо дивитися глибше, то вибір ЕП — це процедура, в принципі не формалізована. Найкраще такий вибір інтуїтивно робить конструктор, що вирішує задачу, переглядаючи всі підряд ЕП. На швидкий перегляд знайомого фонду ЕП витрачається мало часу — всього 5 – 10 хв.

3 Перетворення прототипу починають за допомогою обраних прийомів. При цьому фіксують ідеї поліпшених технічних рішень у вигляді стислого опису або (і) спрощеної схеми.

У міжгалузевого фонду ЕП є одна сильна властивість, що називається евристичною надмірністю. Зазначимо два різновиди цієї властивості. По-перше, багато задач можуть бути вирішені незалежно різними ЕП.

Другий різновид евристичної надмірності полягає в тому, що одночасне використання двох і більш ЕП приводить до їх взаємного посилення, тобто полегшення знаходження поліпшеного технічного рішення. Нерідкі також випадки, коли два і більше ЕП стосовно конкретної ТІЗ окремо мають слабку евристичну підказку, але при одночасному їх використанні вони взаємно підсилюють один одного.

За допомогою окремих прийомів і наборів ЕП одержують безліч поліпшених припустимих технічних рішень. Якщо при цьому не вдається одержати задовільного поліпшеного рішення, то рекомендується найбільш перспективний зі знайдених варіантів прийняти за прототип і знову повторити його обробку за допомогою підхожих ЕП.

4 Множина поліпшених припустимих технічних рішень отримана тільки з урахуванням головного недоліку або головного

протиріччя розвитку. Надалі ці рішення використовуються як прототипи для пошуку нових поліпшених технічних рішень, що враховують інші недоліки і протиріччя розвитку. У результаті одержують нову безліч поліпшених припустимих технічних рішень.

5 Для знайдених у пункті 4 технічних рішень проводять аналіз їх сумісності із суміжними і вищими за ієрархією ТО. При цьому складають таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Форми аналізу наслідків від нового технічного рішення (ТР)

Які негативні наслідки принесе нове ТР для вищого за ієрархією і суміжних ТО?	Які позитивні наслідки принесе нове ТР для вищого за ієрархією і суміжних ТО?
1	1
2	2

Порівняльний аналіз таких таблиць для різних поліпшених технічних рішень дає змогу обґрунтовано вибрати найбільш ефективно з них.

Для особливо перспективних варіантів робляться спроби усунути нетерпимі негативні наслідки. При цьому можуть бути використані також метод евристичних прийомів або методи мозкової атаки.

6 Робота з пунктами 2 – 5 виконується для всіх прототипів, що рекомендуються в постановці задачі. У результаті формується досить повна множина поліпшених технічних рішень, з якої треба вибрати перспективні варіанти для подальшого пророблення. Такий вибір проводиться з урахуванням головних критеріїв розвитку і показників, а також з погляду патентоспроможності.

Недоліки методу:

- не гарантує знаходження припустимого поліпшеного технічного рішення, а тільки підвищує можливість одержання такого;

- у різних користувачів цього методу (як і інших евристичних методів) часто виходять різні результати, що у великій мірі залежить від набутих навичок і природних здібностей.

Переваги методу ЕП:

- багато задач може бути вирішено незалежно різними ЕП;
- одночасне використання двох і більш ЕП призводить до їх взаємного посилення, тобто полегшення знаходження поліпшеного технічного рішення;
- сила фонду ЕП полягає в системному всебічному охопленні проблеми або задачі;
- багато ЕП може бути успішно використано у будь-яких галузях техніки. Вони з часом морально не старіють і виявляються корисними для інших винахідників.

5.4 Систематична евристика

Цей метод, розроблений у науково-дослідних роботах, призначений для раціональної організації праці інженерів, конструкторів та наукових працівників [13].

Систематична евристика (СЕ) – це комплекс програм, створених на основі системного підходу та евристичного програмування, які дають змогу використовувати їх при конструюванні, проєктуванні, в навчальному процесі і т. д.

Евристична програма – це приписи, подані у вигляді низки послідовних вказівок для розробника, завдяки яким він раціональним шляхом одержує необхідну і достатню інформацію й доцільно її опрацьовує.

Система евристичних програм має ієрархічну структуру, яка містить головну програму, укрупнені робочі програми, підпрограми, а також накопичувач програм.

СЕ має бібліотеку, що містить стовпці, в комірках яких розміщуються програми для вирішення задач певного класу.

СЕ – це універсальна методика, яка орієнтована на вирішення широкого кола задач в галузях науки, техніки й керування.

Наявні в програмах вказівки мають дуже загальний характер. Але спеціалізація методики стосовно більш вузького класу задач складанням відповідних накопичувачів та підпрограм може суттєво підвищити її ефективність.

ЛЕКЦІЯ 6. Методи мозкової атаки

План лекції

- 6.1 Виникнення і використання методів мозкової атаки.
- 6.2 Метод прямої мозкової атаки.
- 6.3 Метод зворотної мозкової атаки.
- 6.4 Комбіноване використання мозкової атаки.

6.1 Виникнення і використання методів мозкової атаки

Методи мозкового штурму, або мозкової атаки (МА), ґрунтуються на такому психологічному ефекті. Якщо взяти групу 5 – 8 осіб і кожній запропонувати незалежно й індивідуально висловлювати ідеї і пропозиції щодо вирішення поставленої винахідницької або раціоналізаторської задачі, то в сумі можна одержати N ідей. Якщо запропонувати цій групі колективно висловлювати ідеї з цієї самої задачі, то вийде N_k ідей. При цьому виявляється, що N_k набагато більше за N [1, 3].

Звичайно за 16 – 30 хв колективно висловлюється (при дотриманні правил МА) від 50 до 160 різних ідей, а при індивідуальній роботі — тільки 10 – 20 ідей.

Під час сеансу МА відбувається ніби ланцюгова реакція ідей, що приводить до інтелектуального вибуху. В одному з американських посібників з методу МА вказується: «99 відсотків ваших конструктивних ідей виникає подібно до електричної іскри при «контакті» з думками інших людей» [2, 7].

Сучасні методи МА мають далеку передісторію, що починається в XVI–XVII ст. — час розквіту сміливих морських подорожей. У цей час у морській практиці розробляється порядок дій на випадок, коли судно терпить аварію або нещастя. У таких екстремальних ситуаціях капітан судна (або той, хто вижив, старший за рангом) проводить із усією командою, що залишилася, нетривалу корабельну нараду, на якій кожний має висловлювати свої пропозиції щодо усунення виниклих ускладнень і небезпек. При цьому дотримувався суворий порядок виступів. Спочатку висловлювалися юнги і молодші матроси, потім старші матроси і т. д. до капітана. Така процедура

стимулювала мислення більш старших і досвідчених людей, що приходили до більш розумних і прийнятних ідей.

Сучасні методи МА виникли і були розвинуті в США. Їх засновником вважається морський офіцер А. Осборн, який під час Другої світової війни був капітаном невеликого транспортного судна. Одного разу судно під його командуванням доставляло вантаж у Європу і при цьому було без надійної охорони і прикриття. У цей час було отримано радіограму про швидкий напад німецьких підводних човнів. А. Осборн зібрав усіх на палубі, повідомив про напад, що готується, і попросив кожного подумати і висловити свої ідеї з приводу того, що необхідно зробити, щоб запобігти загибелі судна, що не мало ефективних засобів захисту. Один з матросів сказав, що потрібно всій команді встати уздовж борту, до якого буде наближатися торпеда, дружно дуги на торпеду і таким чином «віддути її убік».

Цього разу зустрічі з підводними човнами не відбулося. Однак висловлена матросом смішна, абсурдна ідея виявилася плідною. Коли судно повернулося на свою базу, А. Осборн за розробленими по дорозі ескізами виготовив вентилятор, що створював потужний спрямований потік води, і цим вентилятором в одному з рейсів дійсно «віддув» торпеду від борту.

Так в А. Осборна народилася ідея створення методу колективного пошуку ідей для усунення складних ситуацій. Після війни він розробив метод мозкової атаки і створив свою школу підготовки винахідників і раціоналізаторів.

Методи МА являють собою емпірично знайдені ефективні способи вирішення творчих задач.

Перевага МА — універсальність методу і досить широка сфера його застосування, вивчення методів МА не потребує спеціальної підготовки, і вони освоюються легко і швидко як учнями середніх шкіл і молодими спеціалістами, так і досвідченими конструкторами.

Мозкову атаку доцільно використовувати:

при вирішенні винахідницьких і раціоналізаторських задач у будь-яких галузях техніки;

при будь-яких постановках задачі (за формою, докладністю і глибиною даних);

на різних етапах вирішення творчої задачі і на різних стадіях розробки і проектування виробів;

у поєднанні з іншими евристичними методами.

Універсальність методів МА дає змогу за їх допомогою розглядати майже будь-яку проблему або будь-яке ускладнення у сфері людської діяльності. Це можуть бути також задачі з організації виробництва, сфери обслуговування, бізнесу, економіки, соціології, карного розшуку, воєнних операцій і т. д., якщо вони досить просто і ясно сформульовані.

6.2 Метод прямої мозкової атаки

Формулювання задачі. Постановка задачі перед творчою групою — учасниками МА може мати різну форму і зміст.

Однак постановка задачі має містити обов'язково два моменти:

що в результаті бажано одержати або мати;

що заважає одержанню бажаного.

Задачу може сформулювати зовнішній замовник, керівник творчої групи або її член. Важливо, щоб перед сеансом МА була досить вичерпна, чітка постановка задачі, бажано в документальному вигляді. **Постановка задачі для МА має також відрізнятися стислістю викладення.**

Якщо формулювання задачі містить суто спеціальні і малозрозумілі терміни для фахівців із суміжних або інших галузей, то необхідно зробити другу редакцію формулювання без спеціальних термінів.

Формування творчої групи. Найбільш ефективна кількість учасників у творчій групі для проведення сеансу МА складає 5 – 12 осіб, хоча припустимою є і менша (до 3) або більша кількість учасників.

Творчі групи складаються з двох підгруп:

➤ постійне ядро групи.

Ядро групи поступово відбирається при вирішенні різних задач методом МА. У ядро групи входять її керівник і співробітники, які легко і плідно генерують ідеї, а також добре знають і дотримують правил для учасників сеансу МА);

➤ тимчасові члени.

Тимчасові члени запрошуються залежно від характеру і змісту майбутньої задачі.

До творчої групи ніколи не залучаються природжені скептики і критикани.

Творча група — це дружно зіграна команда, члени якої взаємно доповнюють один одного.

Рекомендації зі створення творчої групи:

щодо кількості фахівців теми задачі, що розглядається, то їх має бути не більше половини групи;

до складу групи доцільно включати фахівців-суміжників (конструктори, технологи, економісти, постачальники і т. д.), що забезпечать комплексний і всебічний розгляд задачі;

до складу групи бажано включати жінок, що досить практично й оригінально мислять, стимулюють і підвищують дух змагання серед чоловіків;

рекомендується включати людей, що не мають жодного відношення до задачі (кухар, лікар, перукар, провідник потяга і т. д.).

Правила для учасників сеансу МА:

❖ Прагніть висловлювати максимальну кількість ідей. Віддавайте перевагу кількості, а не якості ідей. Свої ідеї висловлюйте стислими пропозиціями.

❖ Під час сеансу МА абсолютно заборонена критика запропонованих ідей. Забороняються також несхвальні зауваження, іронічні репліки, консервативні думки, скептичні жарти. (Наприклад: Так ще ніколи не робили! А що скаже директор? Для практики це не годиться! Це ж нісенітниця і марення сивої кобили! тощо).

Заборона критики створює сприятливий творчий мікроклімат.

❖ Зовні і внутрішньо схвалюйте і приймайте всі ідеї, навіть свідомо непрактичні і, здавалося б, дурні. Віддавайте перевагу не систематичному логічному мисленню, а осяянням, неприборканій і безмежній фантазії в найрізноманітніших напрямках.

❖ Сприяють продуктивному мисленню жарти, каламбури, гумор і сміх. Підтримуйте і створюйте таку обстановку.

❖ Прагніть розвивати, комбінувати і поліпшувати висловлені раніше ідеї, одержувати від них нові асоціативні ідеї.

❖ Забезпечуйте між учасниками МА вільні, демократичні, дружні і довірливі відносини. Ніхто після сеансу не повинен зловтішатися над невдалими ідеями інших.

Дійсний сеанс МА — це особливий психологічний стан людей, коли мислиться без вольових зусиль і береться до уваги «усе, що прийде в голову». Саме такий стан виявляється найбільш продуктивним, оскільки дає змогу більшою мірою використовувати підсвідомість людини — наймогутніший апарат творчого мислення.

Обов'язки ведучого у сеансі МА. Успіх і результативність МА здебільшого залежить від голови наради (ведучого), що здійснює оперативне керування МА. Ведучим найчастіше буває керівник творчої групи. Ведучий має керуватися правилами для учасників МА і підтримувати невимушені умови і почуття гумору.

Обов'язки ведучого:

❖ Якщо є новачки у творчій групі, ведучий насамперед представляє всіх учасників. Далі викладають правила для учасників сеансу МА.

❖ Ведучий чітко й емоційно викладає формулювання задачі як у спеціальному, так і в загальнодоступному викладі. При цьому змушує учасників сприймати задачу як свою головну проблему, підсилюючи постановку зауваженнями.

❖ Ведучий має вміти забезпечити дотримання учасниками всіх правил проведення МА, не користуючись при цьому наказами і критичними зауваженнями. Його роль подібна до функцій судді на футбольному полі.

❖ Ведучий має забезпечувати безперервність висловлення ідей, заповнювати паузу заохочувальними репліками.

❖ Ведучий має стежити, щоб обговорення не йшло в занадто вузькому і занадто практичному напрямку, своїми ідеями або репліками розширювати сферу пошуку.

❖ Ведучий має стежити за регламентом роботи. Говорити, скільки часу залишилося до кінця сеансу. Тактовно зупиняти учасника, що висловлює свою ідею більш ніж пів хвилини, інтенсифікувати роботу останніх хвилин.

Організація проведення МА. Запрошувати на нараду (сеанс МА) бажано за 2-3 дні з викладом суті задачі, щоб

учасники могли подумати і настроїтися. Іноді буває доцільно заздалегідь повідомити постановку задачі тільки частині учасників.

Повна тривалість наради (сеансу МА) складає 1,5 – 2 год.

Порядок проведення наради:

- представлення учасників наради один одному й ознайомлення їх із правилами проведення сеансу МА (5 – 10 хв);
- постановка задачі ведучої з відповідями на запитання (10 – 15 хв);
- проведення МА (20 – 30 хв);
- перерва (10 хв);
- складання відредагованого списку ідей (30 – 45 хв).

Приміщення має бути по можливості нейтральне (краще не кабінет директора) і не гучне. Найкраще сидіти за круглим столом, щоб усі один одного бачили.

Підвищують ефективність психологічного настроювання і психоевристичного стимулювання різні заходи, наприклад:

показ перед МА короткометражного фільму, що змушує забути турботи дня, або актуального фільму про постановку задачі;

ввімкнення неголосної фонової музики під час сеансу МА;

показ натурального зразка, макета або ескіза об'єкта, що потрібно поліпшити;

показ на екрані аналогічних об'єктів, випадково обраних предметів або слів (іменників і дієслів);

частування чаєм або кавою;

оголошення перед сеансом про гонорар, що вручається відразу після закінчення наради (це можуть бути цікаві сувеніри, квитки в сауну, лотерейні квитки або гроші, дійсно нова і смішна мініатюра, що учасники будуть із задоволенням переказувати своїм знайомим і тощо).

Запис і оформлення результатів МА. Фіксування ідей, висловлюваних під час сеансу МА, виконується одним із трьох способів: з-поміж учасників є стенографіст (можна записувати і не стенографічним текстом); за допомогою диктофона; кожен учасник після висловлення записує свою ідею.

Після сеансу проводиться швидко колективне **редагування** отриманого списку ідей з напівкритичним ставленням. При

цьому учасники МА швидко відкидають найменш прийнятні й абсурдні ідеї. Вони можуть також підсилити і конкретизувати висловлені ідеї і доповнити список новими ідеями, що виникли під час редагування. Всі отримані ідеї бажано **поділити** на три групи: найбільш прийнятні і легко реалізовані для розв'язуваної задачі, найбільш ефективні і перспективні, інші.

Відредагований і оформлений список передається зацікавленим особам для подальшої більш докладної оцінки і пророблення з погляду патентознавства і використання в проєктно-конструкторських розробках.

Після ухвалення рішення про оформлення окремих ідей (у вигляді раціоналізаторських пропозицій, заявок на винахід, технічних пропозицій для проєктування і т. д.) уточнюється і визначається список авторів з керівником групи, а потім погоджується з усією творчою групою, що брала участь у сеансі МА.

Аналіз, оцінка і добір ідей. Цей етап проводиться групою кваліфікованих експертів.

Оцінюється рівень запропонованих ідей.

Висування ідей, що перетворюють раніше висунуті пропозиції в практично застосовувані.

Відібрані найцінніші ідеї піддаються подальшому проробленню і розвитку.

Цей етап триває від одного до кількох днів.

6.3 Метод зворотної мозкової атаки

Під час проведення зворотної мозкової атаки виявляють будь-які недоліки, обмеження, дефекти, протиріччя, наявні в конкретній ідеї, розроблювальному технічному об'єкті. Об'єктом зворотної МА може бути конкретний виріб або його вузол, технологічний процес або його операція, сфера обслуговування і т. д.

Попередню їх оцінку проводять учасники сеансу, більш ретельну експерти, що викреслюють явно помилкові твердження, уточнюючи тим перелік виявлених недоліків. Надалі ведуть пошук шляхів ліквідації недоліків.

Сфера застосування методу. **Зворотна МА** може бути **використана** при рішенні, наприклад, що впливає з питань і задач:

уточнення постановки винахідницьких і раціоналізаторських задач;

розробка технічного завдання або технічної пропозиції; експертиза проектно-конструкторської документації на будь-якій стадії розробки (технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний, технічний або робочий проєкт, експериментальний або дослідний зразок);

оцінка ефективності заготовлених виробів.

6.4 Комбіноване використання методів мозкової атаки

Викладені методи прямої і зворотної МА можуть бути спільно використані в різних комбінаціях.

Подвійна пряма мозкова атака.

Подвійну МА спочатку практикували в СРСР.

Суть її полягає в тому, що після проведення прямої МА робиться перерва від двох годин до двох-трьох днів і ще раз повторюється пряма МА.

Практика показала, що при проведенні другої МА з однієї і тієї самої задачі часто виявляються найбільш цінні, практично корисні ідеї або вдалий розвиток ідей першої наради, тобто під час перерви включається в роботу потужний апарат вирішення творчих задач — підсвідомість людини, що синтезує несподівані фундаментальні ідеї.

Зворотна і пряма мозкові атаки (прогнозування і розвитку техніки).

Спочатку за допомогою зворотної МА виявляють усі недоліки наявного виробу і виділяють серед них головні. Потім проводять пряму МА для усунення виявлених головних недоліків і розробляють ескіз нового технічного рішення, у якому по можливості усунути або враховані ці недоліки.

Для збільшення часу прогнозування цей цикл є сенс повторити, щоб подивитися розвиток об'єкта на два кроки вперед.

Пряма і зворотна мозкові атаки (прогнозування недоліків технічного об'єкта).

Спочатку проводять пряму МА і роблять ескізи найбільш перспективних технічних рішень, потім зворотну МА і виявляють можливі недоліки цих технічних рішень.

З метою збільшення часу прогнозування цей цикл є сенс ще раз повторити, тобто знову провести пряму МА для усунення виявлених майбутніх недоліків і розробки відповідних ескізів технічних рішень, стосовно яких ще раз виконується зворотна МА.

Мозкова атака з оцінкою ідей.

Призначена для вирішення складних конструкторських задач і виконується трьома етапами.

Перший етап (перша нарада). Проводять пряму МА. Складений загальний список ідей передається кожному учасникові наради. Кожен учасник одержує завдання індивідуально (незалежно від інших), відбирає із загального списку від трьох до п'яти найкращих ідей із зазначенням їхніх переваг. При цьому дозволяється додавати свої нові ідеї.

Другий етап (друга нарада). Кожен учасник повідомляє про відібрані ним (або запропоновані додатково) три-п'ять ідей із зазначенням їхніх переваг. За кожною ідеєю проводиться коротка (5 — 10 хв) МА з метою: висування ідей щодо поліпшення запропонованого варіанта; виявлення недоліків; висування ідей з усунення недоліків.

При цьому однакові ідеї повторно не обговорюються.

У результаті обговорення складають позитивно-негативну оцінку ідей.

Кожному учасникові дається завдання вибрати незалежно від інших один або два найкращих варіанти і представити за ними ескізи технічного рішення.

Третій етап (третья нарада). Обговорюються представлені ескізи з метою ранжирування їх від найкращих до найгіршого. Складаються пропозиції з описом найкращих технічних рішень. При цьому ескізи можуть бути додатково пророблені і деталізовані.

Приймається рішення про проведення патентних досліджень і складання заявок на винахід за патентоспроможними технічними рішеннями, а також складання раціоналізаторських пропозицій.

ЛЕКЦІЯ 7. Методи інженерної творчості

План лекції

7.1 Асоціативні методи пошуку технічних рішень.

7.2 Функціонально-вартісний і функціонально-ресурсний аналіз.

7.3 Інші методи й методики пошуку технічних рішень та активізації творчості.

7.1 Асоціативні методи пошуку технічних рішень

Майже з усіма відомими винаходами пов'язані легенди про щасливий випадок.

Як зазначається у роботі [12], за описом Плінія, фінікійські моряки сховали від шторму свій корабель з вантажем соди в гирлі річки. Для того щоб приготувати їжу на піщаному березі, вони підклали шматки соди під котел і розвели під ним вогонь. Знявши котел, вони побачили прозору масу і таким чином винайшли скло.

З. Ясен та А. Левенгук незалежно один від одного помітили, що через скалку скла предмети мають інший вигляд, ніж звичайно, – і винайшли мікроскоп.

Л. Гальвані за конвульсіями ніг препарованої жаби під час грози відкрив принцип дії електричної батареї.

А. Зонефельд випадково поклав на відволожений папір брусок для правки бритви і на папері віддрукувався малюнок бруска. В результаті було винайдено спосіб поліграфічного друку.

Ч. Макінтош випадково облив каучук нафтою – і винайшов спосіб виготовлення водонепроникних плащів.

Ч. Гудьїр випадково поклав суміш каучуку та сірки на гарячу плиту – й відкрив спосіб вулканізації.

Ф. Лебон випадково кинув жменю деревної тирси у скляну посудину, що стояла на вогні, – і винайшов лампу для газового освітлення.

Хімік Е. Бенедіктус випадково упустив скляну колбу, забруднену розчином колодію, – й винайшов скло, яке не б'ється.

У. Г. Перкінс, намагаючись створити штучний хінін, випадково винайшов анілінові фарби.

Як зазначається у праці [2], Персі Спенсер у 1945 р. проводив дослідження з поліпшення якості радарів. У момент досліду Спенсер пройшов перед випромінювачем, який працював, і виявив, що шоколадний батончик у його кишені розтопився. Після серії експериментів було створено першу мікрохвильову піч, яка важила близько 400 кг.

Транзисторний ефект було винайдено наприкінці 1947 р. американськими вченими У. Браттейном та Д. Бардіним, які під керівництвом фізика У. Шоклі досліджували розподіл потенціалу на поверхні кристала германієвого детектора [12]. Вони звернули увагу на ефект підсилювання сигналу у схемі, яку використовували для вимірювання. У 1948 р. вони запатентували перший транзистор.

Аналогічних легенд дуже багато. В основі одних – факти, інших – видумки біографів. Неправильним є як гіперболізувати, так і заперечувати роль випадку.

У кібернетиці розроблено теорію випадкового пошуку. Один із спеціалістів – проф. Л. А. Растрингін [12]. На основі цієї теорії розроблено алгоритм пошуку рішення конструкторських задач за допомогою ЕОМ [11, 12].

Асоціативні методи активізації творчого мислення ґрунтуються на використанні у творчому процесі семантичних властивостей понять, аналогії їх вторинних смислових відтінків, причому основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори, випадково вибрані поняття.

До асоціативних методів належать **метод каталогу, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадковостей та асоціацій.**

Морфологічний аналіз дає змогу розглядати в системі лише характерні для неї ознаки. При цьому виникають несподівані сполучення ознак. А якщо на удосконалювану систему або об'єкт перенести ознаки інших випадково вибраних об'єктів, то кількість незвичних, несподіваних варіантів різко зростає. Ця ідея є основою методу фокальних об'єктів (МФО).

7.1.1 Метод фокальних об'єктів

МФО ґрунтується на перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на удосконалюваний об'єкт, який начебто перебуває у фокусі переносу.

Застосовують МФО таким чином.

1 Вибір фокального об'єкта (наприклад, годинник).

2 Вибір трьох-чотирьох випадкових об'єктів (їх вибирають навмання зі словника, каталогу, технічного журналу тощо, наприклад: кіно, дошка, стенд, море).

3 Складання списків ознак випадкових об'єктів (наприклад, дошка чорна, дубова, гігроскопічна, гладка, кольорова, креслярська; кіно широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне і т. д.).

4 Генерування ідей приєднанням до фокального об'єкта ознак випадкових об'єктів (наприклад, широкоекранний годинник, звуковий годинник і т. д.).

5 Розвиток одержаних поєднань вільними асоціаціями (наприклад: широкоекранний годинник – замість вузького циферблата взятий широкий; може бути вузький циферблат, але іноді він розтягується в широкий, або проєктується кудись і т. д.).

6 Оцінювання одержаних ідей та відбір корисних рішень (доцільно доручити оцінювати експертові або групі експертів, а потім спільно відібрати корисні рішення).

У фокусі нашої уваги годинник. Тому далі записуються асоціації до одержаних слів. Наприклад, чорна – кішка, п'ятниця, чорнило і т. д. Одержані нові слова знов поєднуються з годинником і т. д.

МФО дає гарні результати при пошуку нових модифікацій відомих способів та пристроїв.

МФО використовується для тренування уявлення (фантастичні тварини, рослини, кораблі і т. д.).

7.1.2 Метод гірлянд випадковостей та асоціацій

Гірлянда (від франц. *guirlande*, італ. *ghirlanda*) – це низка послідовно рухомо або гнучко з'єднаних об'єктів [5].

Основоположники вчення про асоціації – Платон і Арістотель. Це вчення розвивалось як у матеріалістичному, так і в ідеалістичному напрямках.

Асоціації умовно діляться за схожістю, контрастом, суміжністю та смыслом. Асоціації за схожістю є матеріалом для методу евристичної аналогії; за контрастом – для інверсії (повертання, антитези, пошук від кінця до початку); за суміжністю – для методів перетворення – у просторі і часі (трансформації, транслокації, інтенсифікації, об'єднання, розчленування); за смыслом – для семантичної інтерпретації проблемної ситуації, виявлення причинно-наслідкових зв'язків між технічним об'єктом, його елементами, людиною та середовищем і т. д.

Метод генерування ідей із застосуванням асоціацій ґрунтується на методах вільних та спрямованих асоціацій.

Вільні асоціації – це генерування асоціацій за допомогою ключових слів-подразників за умови, що семансіологічні та граматичні категорії генерованих асоціацій зовсім не лімітуються.

Метод спрямованих асоціацій побудований на тому, що детермінуються семансіологічні або граматичні категорії.

Винахідники використовують випадкові явища для «підказок» при генеруванні нової ідеї. Цей метод використовується для свідомого застосування випадковостей. Метод використовується таким чином.

Перший крок. Визначення синонімів об'єкта (перша гірлянда).

Другий крок. Довільний вибір випадкових об'єктів. Це – друга гірлянда – випадкових об'єктів.

Третій крок. Складання комбінацій з елементів гірлянди синонімів та випадкових об'єктів.

Четвертий крок. Складання переліку ознак випадкових об'єктів. Намагаються визначити якомога більшу кількість ознак, але протягом обмеженого часу, наприклад, за 2–3 хвилини. При цьому точність характеристики не суттєва. Складається таблиця ознак (таблиця 7.1).

П'ятий крок. Генерування ідей почерговим приєднанням до технічного об'єкта та його синонімів ознак випадково вибраних об'єктів.

Таблиця 7.1 – Перелік ознак випадкових об'єктів

Найменування випадкового об'єкта	Ознаки об'єкта
1.....
2.....

Шостий крок. Генерування гірлянд асоціацій. Почергово з ознак випадкових об'єктів, які виявлені на четвертому кроці, генеруються гірлянди вільних асоціацій. Для кожної з окремих ознак вони можуть бути практично необмеженої довжини, тому генерування слід обмежити за часом або кількістю елементів гірлянди. Якщо генерування гірлянд виконується колективно, то кожен член колективу генерує самостійно.

Наприклад: електролампочка – скло – скловолокно – плетіння – бабуся, яка лікує ревматизм на курортах, – південь – потяг – колесо (винайдене в Індії) і т. д.

Гірлянда в цьому разі: – скло – скловолокно – плетіння – бабуся – ревматизм – курорт – південь – потяг – колесо – Індія і т. д. Аналогічно генеруються гірлянди за всіма ознаками випадкового об'єкта.

Сьомий крок. Генерування нових ідей. До елементів гірлянди синонімів технічного об'єкта почергово додаються елементи асоціацій. При генеруванні цих сполучень інколи утворюються несумісні або, на перший погляд, без раціонального змісту сполучення слів.

Восьмий крок. Вибір альтернативи. Вирішується питання, чи продовжити генерування гірлянд асоціацій, чи їх уже досить для відбору корисних ідей. Якщо за попередньою оцінкою кількість оригінальних та привабливих ідей мала, можливо продовжити створення гірлянд асоціацій, починаючи з якогось нового елемента гірлянд, створених на шостому кроці.

Дев'ятий крок. Оцінка і вибір раціональних варіантів ідей. Можуть бути сотні і тисячі варіантів. Однак відсоток раціональних рішень – 2 – 15 %. Кількість раціональних варіантів зворотно пропорційна до їх оригінальності.

Найкращі результати виникають при 10 – 15 % раціональних ідей.

Відбір ідей виконується кількома етапами. Спочатку викреслюються явно нераціональні варіанти. Потім із загальної кількості відбираються найбільш оригінальні варіанти сумнівної корисності. Це рішення, які приваблюють своєю несподіваністю, дивують підходом, якому не було аналогії. На перший погляд вони непотрібні і мало перспективні. Список таких варіантів доцільно вивчити через деякий час із залученням експертів або творчих колективів.

У список раціональних рішень залучають варіанти, які найкращим чином відповідають конкретній меті, вимогам виробництва і т. д.

Десятий крок. Відбір оптимального варіанта. Він здійснюється різними заходами оптимізації. Найпростіший – метод експертної оцінки. В групі експертів мають бути конструктори, технологи, економісти, психологи, дизайнери, комерційні працівники, представники торгівлі та споживачів і інші спеціалісти – в галузі моди, стандартизації, інформатики і т. д.

Ідеї мають бути класифіковані за функціональним призначенням, конструкцією об'єкта, технологією виготовлення, матеріалом, формою, принципом дії, зовнішнім виглядом та оформленням і т. д.

Ідеї доцільно комбінувати для того, щоб конкретизувати ідею створення нового об'єкта. При комбінуванні ідей не можна обмежуватись механічним пошуком комбінацій: будь-яка з комбінованих ознак може бути вільно замінена іншою, більш придатною за умовами.

У деяких випадках приймаються 2–3 конкуруючих рішення для попередньої розробки, за результатами якої приймається остаточне рішення.

Метод простий, але діапазон його застосування вузький (наприклад, пошук асортименту нових виробів).

7.1.3 Тезауруси винахідницьких ідей

У теорії інформації доведено, що інформація зворотно-пропорційна логарифмові завбаченості повідомлення [5].

У теорії інформаційного пошуку застосовують ідеологічні (концептуальні) словники – тезауруси (слово уведене, мабуть, флорентійцем Брунетто Латіні (1220 – 1294 рр.)). У наш час словники виходять з різними назвами: тезауруси, словники аналогій, аналітичні, методичні, синтетичні, тематичні.

При пошуку рішення винахідницької задачі вибираються слова, що найповніше та специфічно характеризують сутність винахідницької задачі.

Застосовуються тезауруси науково-технічних термінів, технічні тезауруси, словники аналогій, синонімів. Як допоміжні використовуються енциклопедичні та тлумачні словники. При генеруванні ідей використовуються метонімії (зворот у мові, заміна одного слова іншим, суміщеним за суттю, наприклад, «читати Горького» замість «читати твори Горького»), парадокси, метафори, метафрази, алегорії і т. д. Різновиди метонімії: перифрази, гіперболи, літоти, синекдохи.

Перифраза – це зворот мови або речення, яке виражає ту саму думку, але іншими словами для досягнення більшої наочності, уточнення, оригінальності. Перифрази застосовуються в американській методиці синектики.

Приклади перифраз – «назва книги»:

мода – нестандартний стандарт;

культура – мимовільне благоговіння;

фіговий лист – благословенна неправда.

Гіпербола – надмірне збільшення, до циклопічних розмірів.

Літота – зворотна гіпербола.

Синекдоха – кількісне зіставлення предметів, явищ, заміна частиною цілого, одним предметом – сукупності їх (берегти копійку; продається огірок і т. д.).

7.2 Функціонально-вартісний і функціонально-ресурсний аналіз

В інженерній і винахідницькій практиці технічно розвинутих країн світу, починаючи з 60-х р. ХІХ ст., набув поширення новий підхід до зниження вартості і до підвищення якості технічних виробів. Цей підхід здобув назву функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Про доцільність і

ефективність використання ФВА при проектуванні нових виробів свідчить статистика багатьох країн світу: на кожен вкладену одиницю витрат на проектування з використанням цього методу можна одержати 10–20-кратну економію.

Першорозробниками цього методу вважаються інженер Пермського телефонного заводу Ю. М. Соболев і фахівець американської фірми «Дженерал Електрик» Л. Д. Майлз [1, 12].

Зміст функціонально-вартісного аналізу.

Використовуються два підходи до зниження собівартості виготовлення й експлуатації технічних виробів: **предметний і функціональний**.

При традиційному **предметному** підході розроблювач розглядає об'єкт як реальну цілісну конструкцію.

При **функціональному** підході розроблювач цілком абстрагується від реальної конструкції об'єкта і зосереджує увагу на її функціях.

Такий підхід змінює і напрямок пошуку шляхів зниження собівартості виготовлення і (або) експлуатації технічного об'єкта. Чітко визначивши і сформулювавши усі функції аналізованого об'єкта і їх кількісні характеристики, розроблювач з'ясовує: наскільки важливі і необхідні ті або інші функції, які має прототипи? Чи можна позбутися деяких «зайвих» функцій без збитку для загальної споживчої цінності об'єкта? Які характеристики і параметри елементів об'єкта можна змінити для зниження собівартості?

Процес проведення ФВА складається з таких поетапно виконуваних видів робіт:

1 **Підготовчий етап**, на якому проводиться вибір технічного об'єкта, визначається мета і задачі ФВА, формується група розроблювачів проекту створення нового або удосконалення існуючого об'єкта.

2 **Інформаційно-аналітична робота**. На цьому етапі здійснюється збір і аналіз інформації з конструкторсько-технологічних рішень прототипу ТО; за умовами його роботи, за конструктивними і експлуатаційними недоліками, за витратами на його виготовлення й обслуговування. Складається список основних показників і вимог до технічного об'єкта, визначаються критерії його розвитку. Розробляється конструктивна

функціональна структура ТО. Проводиться класифікація й аналіз функцій елементів ТО, визначаються і попарно порівнюються вартості функцій, виявляються функціональні зони найбільшого зосередження витрат. На основі проведеного аналізу формулюється задача пошуку більш раціональних, оптимальних (за собівартістю) конструкторсько-технологічних рішень.

3 Пошуково-дослідницький етап. Це один із творчих і домінуючих етапів роботи, на який витрачається до 50 % часу від сумарного часу на виконання проєкту. Тут досліджується кожна функція ТО на предмет: чи потрібна вона, чи не можна перекласти цю функцію на інший елемент ТО, чи можна об'єднати функції, чи можна спростити, здешевити або стандартизувати ті або інші елементи ТО. На цьому етапі основним інструментарієм пошуково-дослідницької діяльності розроблювачів є типові прийоми вирішення технічних протиріч, евристичні методи і прийоми пошуку нових ідей і раціональних конструкторсько-технологічних рішень. Фіналом цього етапу є оформлення результатів у вигляді технічної пропозиції й ескізного проєкту ТО.

4 Розробка і впровадження результатів ФВА. На цьому етапі проводиться (у ряді випадків із залученням досвідчених експертів) добір найбільш ефективних і перспективних варіантів конструювання ТО, визначення технологічності й економічності їх виготовлення, формулюються рекомендації щодо їх упровадження.

Функціонально-вартісний аналіз дає можливість оптимізувати конструкцію ТО лише за одним критерієм. Але у більшості життєвих ситуацій вибір і проєктування найкращих конструкторсько-технологічних рішень проводиться не за одним, а одночасно за низкою критеріїв. І тут на допомогу розроблювачеві приходить метод системного дослідження ТО — **метод функціонально-ресурсного аналізу (ФРА)**. Через складність і великий обсяг обчислювальних операцій багатокритеріальна оптимізація на основі ФРА проводиться з використанням засобів комп'ютерної підтримки.

7.3 Інші методи й методики пошуку технічних рішень та активізації творчості

Існує низка інших методів, менш популярних, ніж розглянуті, але таких, що мають також деякі раціональні аспекти. З них виділимо групу методів, побудованих на комбінаторному підході. Серед них – метод «матриць відкриття» та метод десяткових матриць пошуку.

7.3.1 Метод «матриць відкриття»

Цей метод близький до морфологічного аналізу, але має свої особливості. Сутність його в найпростішому вигляді у побудові таблиці, в якій перетинаються два ряди характеристик. Якщо в МА всі види характеристик стосуються будови технічного об'єкта, то в цьому методі частина з них може стосуватись, наприклад, умов споживання, виробництва, експлуатації і т. д. (наприклад, матриця: потреби замовника – можливості підрядника). Сам метод не дає закінчених технічних рішень, але дає можливість вільних асоціацій [8].

7.3.2 Метод десяткових матриць пошуку (ДМП)

Сутність його в побудові таблиці з двома рядами характеристик, які перетинаються: по горизонталі – десять евристичних прийомів (неологія – несхожість, новація, нові ідеї; адаптація – пристосування; мультиплікація – множення фаз, наприклад, руху; диференціація – поділ, розчленування на якісно відмінні частини; інтеграція – об'єднання в ціле будь-яких окремих частин; інверсія – зміна звичайного порядку; імпульсація – перехід до імпульсної дії; динамізація – перехід від нерухомого або малорухомого стану до рухомого, зміна у часі показників об'єкта; аналогія – відповідність, схожість; ідеалізація – уявне конструювання понять про об'єкти, що не існують і не здійсненні, але для яких є прообрази в реальному світі), а по вертикалі – десять основних показників технічної системи (геометричні, фізико-механічні, енергетичні, конструкційно-технічні, надійності та довговічності, експлуатаційні, економічні,

ступінь стандартизації та уніфікації, зручності обслуговування й безпеки, художньо-конструкторські показники). Застосування одного з прийомів до змінення одного з параметрів дає змогу для нових асоціацій при пошуку нових технічних рішень. Метод був запропонований у 1975 р. інженером Р. П. Повілейком [12].

7.3.3 Метод семикратного пошуку

Комбінаторний принцип застосовується на деяких етапах методики семикратного пошуку, яка складається зі стратегічної і тактичної частин. Особливістю методики є поділ усіх стадій та елементів процесу пошуку рішення на сім частин, що пов'язано зі здатністю людського мозку сприймати й переробляти інформацію [9].

Стратегія пошуку складається із семи частин: аналіз проблемної ситуації та суспільних потреб; аналіз функцій аналогів та прототипу; постановка задачі; генерування ідей та вибір евристичних засобів; конкретизація ідей; оцінка варіантів та вибір оптимального; спрощення, розвиток та реалізація рішення.

Тактична частина складається з численних прийомів, які застосовуються на різних стадіях процесу вирішення. Серед них – прийом «сім ключових слів» і таблиці, аналогічні до ДМП, але розміром 7×7 . Метод запропоновано у 1964 р. Г. Я. Бушем. Сутність його – в послідовному системному застосуванні різних матриць 7×7 і інших прийомів.

Він застосовується для виявлення проблеми й формулювання винахідницької задачі. Може бути застосований і в інших галузях творчості.

Римський ритор Квінтілліан у I ст. н. е. визначив сім запитань, на які необхідно відповісти, щоб інформація про подію, явище, процес, задачу була повною: хто? (quis?), що? (quid?), де? (ubi?), чим? (quibus auxiliis?), навіщо? (cur?), як? (quomodo?), коли? (quando?). Ці запитання спрямовані на одержання інформації про суб'єкт, об'єкт, місце, засоби, мету, методи та час, які стосуються явища або події.

Комбінування запитань може дати більшу кількість інформації, ніж прямі відповіді на сім запитань Квінтілліана. Для полегшення системної постановки комбінованих запитань

складається таблиця взаємодії ключових запитань (рисунок 7.1). Ці запитання у повному вигляді, наприклад, такі:

1 – 4. Хто та які засоби використовує для вирішення винахідницької задачі?

2 – 3. Який об'єкт і в якому місці має бути створений?

6 – 7. Яким методом та коли доцільно вирішувати задачу?
і т. д.

Хто?	Суб'єкт	1					
Що?	Об'єкт	2	1-2				
Де?	Місце	3	2-3	1-3			
Чим?	Засоби	4	3-4	2-4	1-4		
Навіщо?	Мета	5	4-5	3-5	2-5	1-5	
Як?	Метод	6	5-6	4-6	3-6	2-6	1-6
Коли?	Час	7	6-7	5-7	4-7	3-7	2-7
							1-7

Рисунок 7.1 – Взаємодія ключових запитань

Відповіді записуються на окремому аркуші й використовуються для постановки й класифікації задачі. В багатьох випадках цього виявляється не досить. Тому рекомендується будувати розгорнуту таблицю взаємодії елементів. У цій таблиці затемнюються ті квадрати, запитання з яких вибираються. А вибираються раціональні комбінації запитань. Відповіді наводяться на окремому аркуші.

Перелік відповідей на комбіновані запитання зберігається й доповнюється залежно від додаткової інформації, яка надходить.

Аналіз функції об'єкта. Після виявлення виду функції й базової суспільної потреби іноді корисно скласти матрицю залежності частинних потреб (які ґрунтуються на базових) від конкретних функцій певного виду. У більшості випадків досить визначити тільки головну функцію.

На основі відповідей на сім ключових запитань формулюється задача у загальному вигляді, без специфічних

термінів. Обмеження накладаються пізніше, під час аналізу варіантів рішення.

Аналіз функцій проводиться не тільки при постановці задачі, але й у процесі пошуку, конкретизації рішення, вибору оптимального варіант і його здійснення.

7.3.4 Метод «чорного ящика»

Одним з методів вирішення творчих задач, який ґрунтується на системному підході, є «метод чорних ящиків». Прикладом цієї задачі може бути така схема (рисунок 7.2) [5].

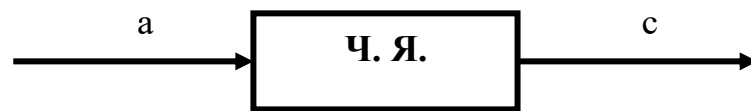


Рисунок 7.2 – Зображення системи у вигляді чорного ящика

Приклад. Необхідно створити технічну систему, яка б швидко й надійно сигналізувала про пожежу в будинку. Вона має сигналізувати на відстані 1,5 – 2 км.

Подамо систему у вигляді чорного ящика (рисунок 7.3).

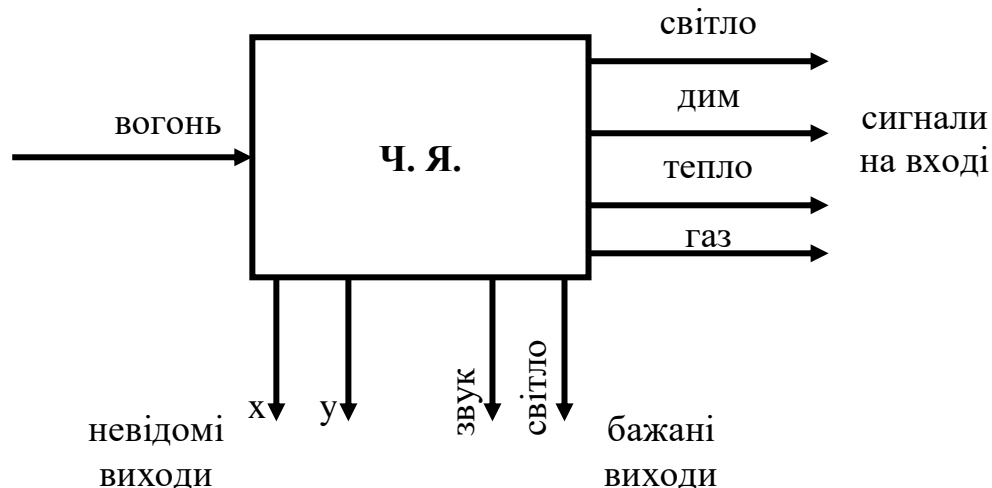


Рисунок 7.3 – Приклад застосування методу чорних ящиків

При вирішенні поставленої задачі спочатку необхідно виконати аналіз. При цьому можливо поставити такі запитання:

- 1 Які відомі виходи, що породжуються входом?
- 2 Чи може який-небудь з виходів служити для поставленої мети?
- 3 Які ще не зазначені виходи породжує вхід?
- 4 Які із знайдених змін можуть бути використані для досягнення бажаних виходів (наприклад, за допомогою тепла можуть бути змінені хімічні та фізичні властивості)?

Цей метод уперше застосовувався в кібернетиці. Метод розглядає систему, в якій відомі вхідні й вихідні величини, а внутрішня будова невідома.

Метод застосовується в такій послідовності.

- 1 Визначаються початкові дані (вхід), бажаний кінцевий результат, який досягається вирішенням задачі (вихід).
- 2 Обмеження, які накладаються на рішення задачі.
- 3 Аналіз виходів.

За результатами оцінки варіантів визначається оптимальний варіант. В деяких випадках розробляється комбінація кількох варіантів.

Для застосування описаної схеми вирішення мають бути відомими зовнішні впливи, вплив системи на навколишнє середовище, її поведінка. Крім того, зміна вхідної величини має викликати зміну вихідної величини. Багато винахідницьких задач не задовольняють ці вимоги.

За цим методом задачі класифікуються таким чином (рисунок 7.4):

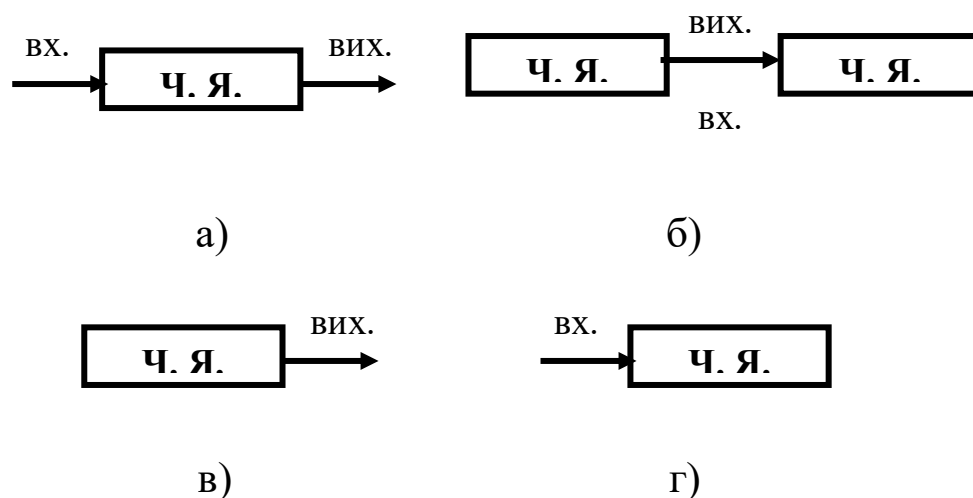


Рисунок 7.4 – Класифікація задач за методом «чорних ящиків»

7.3.5 Моделювання за допомогою «маленьких чоловічків»

Гордон, створюючи синектику, доповнив мозкову атаку чотирма видами аналогії, в тому числі емпатією, тобто особистою аналогією. Сутність цього прийому полягає в тому, що людина, яка вирішує задачу, «входить» в образ удосконалюваного об'єкта й намагається здійснити дію, якої потребує задача. Якщо при цьому вдається знайти якийсь підхід, якусь нову ідею, то рішення «перекладається» технічною мовою. «Сутність емпатії, – каже Дж. Діксон, – полягає в тому, щоб «стати» деталлю й подивитись з її позиції та з її точки зору, що можливо зробити» [1].

Емпатія іноді буває корисна, а іноді – шкідлива. Ототожнюючи себе з тією чи іншою машиною (або її частиною) й розглядаючи її зміни, винахідник мимовільно вибирає ті, які прийнятні для людського організму, й відкидає неприйнятні (розрізання, подрібнення, розчинення в кислоті і т. д.).

Недоліки емпатії усунені в моделюванні за допомогою маленьких чоловічків (ММЧ). Сутність методу полягає в тому, щоб уявити об'єкт у вигляді безлічі («натовпу») маленьких чоловічків.

В історії науки відомі випадки, коли стихійно застосувалось щось подібне до ММЧ. Наведемо деякі приклади [12]:

1 Відкриття Кекуле структурної формули бензолу. «Одного разу ввечері, перебуваючи в Лондоні, – розповідає Кекуле, – я сидів у омнібусі й міркував про те, яким чином можна відобразити молекулу бензолу C_6H_6 у вигляді структурної формули, відповідної властивостям бензолу. В цей час я побачив клітку з мавпами, які ловили одна одну, то з'єднуючись між собою, то знову розчіплюючись. А одного разу з'єднались таким чином, що створили кільце. Кожна однією задньою лапою трималась за клітку, а наступна – за іншу її задню лапу обома передніми. Хвостами ж вони весело розмахували у повітрі. Таким чином, п'ять мавп, з'єднавшись, створили кільце, й у мене одразу ж майнула в голові думка: ось відображення бензолу. Так виникла вищенаведена формула. Вона нам пояснює міцність бензольного кільця».

2 Другий випадок – це розумовий експеримент Максвелла при розробці ним динамічної теорії газів. В цьому уявному

досліді були дві посудини з газами при однаковій температурі. Максвелла цікавило питання про те, як зробити так, щоб в одній посудині опинились швидкі молекули, а в іншій повільні. Оскільки температура газів однакова, самі молекули не розділяться: в кожній посудині в будь-який момент часу буде певне число швидких та повільних молекул. Максвелл уявно з'єднав посудини трубою з дверцятами, які відкривали й закривали «демони» – фантастичні істоти приблизно молекулярних розмірів. Демони пропускали з однієї посудини в іншу швидкі частки й закривали двері перед повільними частками.

У ММЧ мають бути саме чоловічки, а не кульки, мікроби і т. д., щоб вони бачили, розуміли, могли діяти. Застосовуючи ММЧ, винахідник використовує емпатію на мікрорівні.

Техніка застосування ММЧ полягає в таких операціях:

1 Виділяється частина об'єкта, яка не може виконати вимоги, які до неї ставляться, і уявляється ця частина у вигляді маленьких чоловічків.

2 Розділяються чоловічки на групи, які діють (переміщуються) за умовами задачі.

3 Одержана модель розглядається й перебудовується таким чином, щоб виконувались конфліктуючі дії.

7.3.6 Метод музейного експерименту [12]

Метод запропонований спеціалістами з синектики. Група відвідує музей історії техніки й оглядає експонати старовинних культур ескімосів, полінезійців, американських індіанців, африканських народів, скіфів, кельтів і т. д. При цьому вивчаються технічні об'єкти й відбирається той з них, який вражає технічною досконалістю й оригінальністю для свого часу. Цей об'єкт ретельно вивчається з точки зору функцій, принципу дії, структури. Після повернення з музею робиться спроба реконструювати можливий хід думок стародавнього винахідника. Реконструкція виконується за схемою синектичного процесу в письмовому вигляді. Дозволяється використовувати лише ті поняття й об'єкти, які були відомі в час створення винаходу.

В американській практиці цей метод використовувався для обґрунтування концепції синектики. Але він може мати й самостійне значення, оскільки розвиток техніки йде за спіраллю. Особливий інтерес становлять винаходи, які не були широко впроваджені. Існує багато винаходів на основі стародавніх технічних рішень. Так, громовідвід був створений ще в стародавньому Єгипті, а Б. Франклін його винайшов на більш високому рівні. Грецький лікар Філомен близько 250 р. н. е. описав котел для готування їжі під тиском. А французький винахідник Д. Папен винайшов парову каструлю.

7.3.7 Метод «наради піратів» [12]

За легендою, корабель піратів зазнав катастрофи й був викинутий на невідомий, можливо ворожий, берег. Виникає проблемна ситуація. Життя піратів залежить від подальших дій в умовах гострого дефіциту інформації та обмеженого часу. Капітан скликає термінову нараду команди, щоб знайти рішення, зберегти команду й судно.

Виступають обов'язково всі пірати. Якщо хтось не має серйозної пропозиції, то він висловлює жарт, який відповідає цій ситуації, приказку, дотепно описує іншу аналогічну ситуацію, дає становищу влучну смішну характеристику, алегорично, образно оцінює її і т. д. Точно дотримується черговість. Першим виступає юнга. Потім – матроси, боцман, офіцери (за рангами) і, нарешті, капітан.

При повторному обговоренні можливе інше формулювання питання або висунення для обговорення частинного питання первісної проблеми.

Рішення має право приймати тільки капітан. Оцінка ідей виконується в кінці обговорення. Капітан може доручити старшому офіцерові вести нараду, а сам – слідкувати за ходом, аналізувати висловлювання і приймати рішення.

Ніхто не має права критикувати ідеї, пропозиції, жарти. Запитання ставить лише капітан. Він також заохочує оригінальні висловлювання.

Якщо обговорення йде занадто серйозно або мляво, капітан може перервати обговорення жартом або анекдотом,

заохочувальним або доречним запитанням. Він може запропонувати протягом деякого часу (5 хвилин) висловлювати тільки жартівливі пропозиції.

Цей метод може застосовуватись для технічної творчості в малому винахідницькому колективі. Творча бригада веде обговорення іноді із запрошеними особами. Бажано, щоб всі були знайомі, а керівник має бути старшим від усіх за рангом. Бажано, щоб нарадою керував найбільш авторитетний учасник, незалежно від службового становища.

Керівник встановлює черговість виступів та оголошує тему. Задача має бути сформульована без використання спеціальних термінів. Починати обговорення доцільно з розгляду прийомів реалізації фізичного принципу, на якому ґрунтується функція, яка виконується технічним об'єктом.

Після первинного опитування ставиться нове запитання, спрямоване на розгортання нової ідеї, якщо вона була висловлена у першому опитуванні, або на використання елементарних методів вирішення винахідницьких задач – аналогії, інверсії, об'єднання, розділення, трансформації, транслокації, інтенсифікації і т. д.

Одержавши відповіді на всі запитання, керівник може відібрати кілька пропозицій для наступного етапу обговорення, який присвячується спеціальній критиці й оцінці.

Пропозиції можна критикувати як у серйозній, так і в жартівливій формі. На етапі критики забороняється захист пропозицій. Автор пропозиції в ході обговорення також повинен висловлювати критичні зауваження за своєю пропозицією. Загальний підсумок критичних зауважень проводить керівник наради.

Завершальний етап – це захист пропозиції, яка критикувалась. Критика тут заборонена. Можливо пропонувати ідеї з удосконалення й конкретизації пропозицій, модифікувати ідею і т. д.

Оптимальна чисельність учасників 5 – 8, але не більше 10. Якщо учасників більше, то організовується кілька груп, які проводять обговорення паралельно. Можлива й така організація. Створюється чотири підгрупи:

- а) генератори ідей;

- б) критична оцінка ідей;
- в) захист критично розглянутих ідей та генерування контрідей;
- г) експерти з підведення підсумків.

Групи працюють послідовно й мають результати попереднього обговорення. Керівник попереднього обговорення є присутнім на наступних обговореннях без права висловлювання. Йому можуть бути поставлені запитання про попереднє обговорення.

ЛЕКЦІЯ 8. Технічні протиріччя та методи їх вирішення

План лекції

8.1 Сутність і природа технічних протиріч.

8.2 Типові прийоми вирішення технічних протиріч і евристичні підходи до їх вибору.

8.1 Сутність і природа технічних протиріч

Зростаючі потреби людства є першопричиною і рушійною силою безперервного прогресивного розвитку техніки, удосконалювання і створення нових поколінь технічних об'єктів.

Винахідник, розроблювач, конструктор від ідеї задовольнити конкретну потребу до створення модернізованого або нового технічного об'єкта постійно стикається з технічними протиріччями, що об'єктивно існують і трапляються в процесі удосконалення відомих або створення нових технічних об'єктів (пристроїв, машин, приладів тощо).

У процесі виявлення і вирішення технічних протиріч проявляється творчість винахідників, розроблювачів, проектувальників і конструкторів, створюються продукти інтелектуальної власності (патенти, ноу-хау, промислові зразки та ін.) [6].

Усі протиріччя називають технічними, хоча за своєю природою вони можуть відбивати фізичні, економічні,

інформаційні, соціальні і навіть адміністративні аспекти вирішуваної задачі.

Технічні протиріччя виникають і виявляються на всіх етапах життєвого циклу технічного об'єкта: у процесі його розробки і проектування, виготовлення і налагодження, експлуатації і модернізації.

Технічні протиріччя умовно підрозділяються на зовнішні і внутрішні.

Зовнішні протиріччя обумовлені невідповідністю властивостей і параметрів технічного об'єкта умовам його виготовлення і нормального функціонування в процесі взаємодії з людиною і навколишнім середовищем. Внутрішні протиріччя обумовлені невідповідністю структури і складу конструктивного виконання технічного об'єкта його функціональному значенню [4].

Розрізняють шість джерел виникнення технічних протиріч.

Джерела **зовнішніх** технічних протиріч (відбивають функціональні структурні взаємозв'язки технічних об'єктів з навколишнім середовищем):

1 Протиріччя між технічним об'єктом і людиною, що керує цим об'єктом (оператором) або експлуатує його (користувачем). У процесі їх взаємодії конфліктні ситуації можуть виникнути через зміну умов експлуатації технічного об'єкта, через вимоги, що змінилися, до його безпеки, ергономічності, ефективності.

2 Протиріччя між технічним об'єктом і середовищем його функціонування через невідповідність функціональних параметрів його конструктивного виконання параметрам навколишнього середовища.

3 Протиріччя між технічним об'єктом і його виготовлювачем через конфлікт між предметом праці і виробничим працівником. Така конфліктна ситуація може виникнути, наприклад, при застосуванні будь-яких конструкційних матеріалів або режимів їх обробки, що завдають шкоди здоров'ю або перевищують можливості людського організму.

4 Протиріччя між технічним об'єктом і виробничим середовищем. Виробниче середовище є однією зі складових навколишнього середовища. Дотримання норм і вимог до забезпечення збереженості навколишнього середовища викликає

потребу створення екологічно чистих конструкцій, технічних виробів і технологій їх виготовлення. Незмінно виникає конфлікт у вимогах підвищення якості продукції і зниження ресурсоемності конструкції виробу.

Джерела **внутрішніх** технічних протиріч:

5 Протиріччя між цілим (конструктивним виконанням, системою) і частиною (компонентом, елементом, підсистемою) технічного об'єкта. Воно породжується тим, що ціле і частина будь-якого технічного об'єкта не тотожні один одному ані за виконуваними функціями, ані за своїм складом, ані за своєю структурою, формуються й оновлюються за своїми законами. Водночас частина стосовно цілого має відносну самостійність у своєму розвитку. Компоненти, що входять до складу конструкції виробу, мають різну інтенсивність оновлення. Поєднуючи елементи в єдине конструктивне утворення, структура цілого виконання має велику інерційність у своєму розвитку і відновленні в порівнянні з вхідними в неї компонентами.

6 Протиріччя між змістом і формою компонентів виконання технічного об'єкта, суть якого полягає в діалектичному взаємозв'язку окремих компонентів. Знайдена форма виробу, маючи відносно велику стабільність, зберігається тривалий час, поки нагромадження кількісних змін у змісті виробу не приведе через виниклі протиріччя до чергових якісних змін її форми і т. д.

8.2 Типові прийоми вирішення технічних протиріч і евристичні підходи до їх вибору

Типові прийоми — це узяті з технічної літератури, з науково-технічних журналів і патентних фондів прийоми, які найбільш часто трапляються в проєктно-конструкторській практиці, розроблені вченими, інженерами, винахідниками. Кількість таких прийомів нескінченно велика, і тому їх намагаються певним чином узагальнити у великі типові групи і навіть створити міжгалузеві, галузеві або проблемні фонди типових прийомів.

Типові прийоми звичайно не містять прямої й однозначної вказівки, яким чином перетворювати прототип, а є своєрідною підказкою, що полегшує розроблювачеві вирішення задачі, але

аж ніяк не гарантує успіху її рішення. Різні люди по-різному знаходять нові, більш ефективні технічні рішення: одним це вдається зробити інтуїтивно, інші йдуть до них важким шляхом застосування методу «проб і помилок», треті вдаються до використання типових прийомів.

Можна виділити п'ять груп типових прийомів вирішення технічних протиріч:

1 прийоми перетворення форми речовини;

2 прийоми перетворення змісту речовини;

3 прийоми перетворення енергії;

4 прийоми перетворення інформації;

5 комплексні енерго-інформаційно-речові прийоми, що базуються на використанні нових технологій і способів виготовлення, транспортування і застосування технічних об'єктів.

Існує два підходи до вибору з відомого набору (банку) типових прийомів вирішення технічних протиріч найбільш доцільного (або, як його ще називають, найбільш сильного, найбільш ефективного) прийому: евристичний і алгоритмічний.

Евристичний підхід до добору і переробки найбільш цінної інформації базується на використанні унікальних і специфічних властивостей нашого головного мозку. У процесі довгої еволюції головний мозок людини пристосувався відбирати з великого масиву надлишкової інформації тільки найбільш цінну і потрібну інформацію та відкидати зайву.

При евристичному підході до вибору типових прийомів вирішення технічних протиріч розроблювач (студент, винахідник, конструктор) спочатку «власним розумінням» або з використанням евристичних методів пошуку нових ідей вибирає доцільну групу типових прийомів (по суті, шлях вирішення задачі), а потім аналогічним способом знаходить у рамках цієї групи один із найсильніших прийомів.

Алгоритмічний підхід до вибору типових прийомів вирішення технічних протиріч передбачає виконання низки пошукових операцій за заздалегідь розробленим алгоритмом (правилом). Як приклад такого підходу розглянемо алгоритмічний метод, запропонований Г. С. Альтшуллером у версії «АРИЗ – 71». З великої кількості вітчизняних і закордонних авторських свідоцтв і патентів (близько 40 000) він

склав великий список прийомів вирішення технічних протиріч, а потім виділив з цього масиву усього лише 40 найбільш часто уживаних, найбільш типових прийомів.

Користувач цього алгоритму, знаючи параметри або характеристики технічного об'єкта, які необхідно поліпшити, знаходить відповідний стовпчик у таблиці, а також вибирає рядок з параметрами, що в інтересах досягнення поставленої мети бажано зберегти на рівні відомого прототипу або навіть знизити в якихось припустимих межах. Тоді на перетині цих рядків таблиці він знайде кілька типових прийомів, один із яких може виявитися ключем до рішення задачі. Таблиця не рятує користувача від необхідності думати, вона лише спрямовує його творчу думку в найбільш перспективному напрямку.

Алгоритмічні підходи не набули широкого застосування як через велику складність побудови пошукових таблиць, так і через низьку результативність їх використання.

1 Вирішення технічних протиріч за рахунок зміни структури, геометричних форм і параметрів технічних об'єктів.

Перехід із жорстких на гнучкі конструкції. У техніці, та й у повсякденному житті, часто застосовується термін «ступінь вільності». Це дуже широке поняття. У механіці ступені вільності – це число незалежних одне від одного переміщень якоїсь механічної системи. Число ступенів вільності визначається числом елементів (блоків, матеріальних часток), що утворюють систему, і характером накладених на систему зв'язків.

Прагнення переходу від жорстких конструкцій на гнучкі обумовлено тим, що при цьому значно розширюються функціональні можливості технічних об'єктів, поліпшуються багато їх параметрів і характеристик.

Розвиток технічних засобів у світі має тенденцію безперервного підвищення гнучкості конструкції й асимптотичного наближення до властивостей побудови людського тіла.

2 Застосування нетрадиційних конструкційних матеріалів.

Застосування композиційних матеріалів. Композиційні матеріали — це матеріали, що виготовляються з двох або більш вихідних матеріалів. Застосування нових композитів або використання відомих, але в зовсім новій галузі техніки або ж у

новому технічному пристрої може усунути технічне протиріччя, яке виникло, і забезпечити значний ефект.

Застосування матеріалів з поліпшеними властивостями. При розробці конструкцій деяких технічних об'єктів перебороти якісь технічні і фізичні протиріччя й одержати новий ефект із підвищеними властивостями вдається за рахунок застосування новітніх або нетрадиційних матеріалів.

3 Використання нетрадиційних джерел перетворювачів енергії.

Біологічні джерела енергії. Уявімо собі, що характеристики і можливості якогось технічного об'єкта, що виконує конкретні споживчі функції, перестали задовольняти збільшені або істотно змінені потреби людини. Тоді для усунення протиріч, що виникли, треба спробувати створити аналогічний (за функціональним призначенням) пристрій на інших фізичних принципах або ж якимось чином кардинально змінити властивості або параметри існуючого об'єкта.

Відновлювані джерела енергії. Останніми роками у світі велику увагу стали приділяти розробленню і використанню нетрадиційних джерел енергії: вітроенергетичних, малопотужних гідроенергетичних, сонячних, геотермальних і т. д. Інтерес до такого роду альтернативних енергетичних джерел диктується закінченням запасів нафти, газу, вугілля на Землі, а також турботами про екологічну безпеку людей і природи нашої планети, оскільки традиційні вуглеводні джерела її дуже забруднюють.

Один із невичерпних і відновлюваних джерел енергії — енергія морської хвилі.

4 Нетрадиційні прийоми одержання і перетворення інформації.

Швидкодійний вимірювач температури. Традиційне вимірювання температури тіла людини проводиться за допомогою ртутних термометрів. Користуватися ртутним термометром досить просто, однак процес вимірювання температури має великий недолік — для цього потрібно 7 – 15 хвилин часу. Але у деяких випадках потрібно мати більш швидкий результат вимірювання температури тіла.

Один з принципів побудови швидкодійних вимірювачів температури базується на тому, що всі нагріті тіла передають

запасену в них теплову енергію в навколишнє середовище за допомогою електромагнітного (інфрачервоного) випромінювання. Інтенсивність інфрачервоного випромінювання лінійно пов'язана з температурою нагрітого тіла. Інфрачервоне випромінювання невидиме людським оком, але воно сприймається на відстані чутливими елементами, зокрема напівпровідниковими світлодіодами. Під впливом потоку енергії інфрачервоного опромінення внутрішній опір світлодіода змінюється відповідно до його інтенсивності, що дає змогу використовувати цей фізичний ефект для подальшого перетворення інформації про температуру тіла.

Використання зворотного зв'язку. Зворотний зв'язок це не що інше, як інформаційний вплив виходу на вхід керованої системи. У кібернетичних системах необхідно підтримувати взаємодію між регулятором і об'єктом керування. Ця роль покладається на зворотний зв'язок. Сутність зворотного зв'язку полягає в постійному одержанні відомостей про результати керуючих рішень. На основі цієї інформації керуюча система має можливість прогнозувати стан об'єкта керування, порівнювати його із завданням і, у випадку взаємодії відхилень, виробляти рішення, необхідні для того, щоб увести керований об'єкт у необхідний режим.

5 Комплексні (енерго-інформаційно-речові) прийоми усунення технічних протиріч.

Незвичайні сфери застосування електродвигунів. Інженери Каліфорнійського університету виготовили електричний мікродвигун, поперечний переріз якого складає 70 мкм, тобто менше перерізу волоса. Думають, що його можна використовувати в медицині для «очищення» стінок кровоносних судин — артерій від атеросклеротичних відкладень, куди їх можна ввести через голку шприца.

Незвичайне застосування такі мікродвигуни можуть знайти в авіації. Якщо крила літака покрити лусочками з мільйонів мікродвигунів, то підкоряючись системі керування, яка відчуває потік повітря біля поверхні крила, вони зможуть рухати ці лусочки, підлаштовуючи аеродинамічні властивості крила до зустрічних потоків повітря. Це дозволить збільшити економічність польотів літака.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Білий І. В., Власов К. П., Клепиков В. Б. Основи наукових досліджень і технічної творчості. Харків : Вища шк. Вид-во при Харк. ун-ті, 1989. 200 с.
- 2 Чус А. В. Данченко В. М. Основи технічної творчості. Київ; Донецьк : Вища школа. Головне вид-во, 1983. 184 с.
- 3 Кузнєцов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач. Київ : ТОВ «ЗМОК» - ПП «ГНОЗИС», 2003. 294 с.
- 4 Косіюк М. М., Черменський Г. П. Основи науково-технічної творчості. Хмельницький : «Поділля», 1998. 415 с.
- 5 Прасолов Є. Я., Браженко С. А., Новицький О. П. Основи технічної творчості : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2018. 128 с.
- 6 Методи дослідження і організація експериментів/ за ред. проф. К. П. Власова. Харків : Вид-во «Гуманітарний центр», 2002. 256 с.
- 7 Ковальчук В. В., Моїсєєв Л. М. Основи наукових досліджень : навч. посіб. Вид 2-ге, перероб. і доп. Київ : ВД «Професіонал», 2004. 208 с.
- 8 Андрощук Г. А., Роботягова Л. І. Патентне право: правовий захист винаходів : навч. посіб. Вид. 2-ге. Київ : МАУП, 2001. 232 с.
- 9 Зенчик В. М., Карачев А. А., Шмелев В. Е. Основи творчо-конструкторської діяльності: методи і організація. Київ : Академія, 2004. 251 с.
- 10 Подлесний С. В., Єрфорт Ю. О., Іскрицький В. М. Історія інженерної діяльності : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2004. 128 с.
- 11 Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учеб. пособ. для студентов вузов. Москва : Машиностроение, 1988. 368 с.
- 12 Техническое творчество: теория, методология, практика. Энциклопедический словарь. Справочник/ под ред. А. И. Половинкина, В. В. Попова В.В. Москва : Информ-система, 1995. 410 с.
- 13 Половинкин А. И. Законы строения и развития техники : учеб. пособ. Волгоград : Волга, 1985. 202 с.

14 Михелькевич В. Н., Радомский, В. М. Основы научно-технического творчества : учеб.-метод. пособ. Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. 319 с.

15 Растригин Л. А. Случайный поиск с линейной тактикой. Рига : Зинатне, 1971. 192 с.

ДОДАТОК А

МІЖГАЛУЗЕВИЙ ФОНД ЕВРИСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТА

1 Перетворення форми

1.1 Використовувати кругову, спіральну, деревоподібну, сферичну або іншу компактну форму.

1.2 Зробити в об'єкті (елементі) отвори або порожнини. Інверсія прийому.

1.3 Перевірити відповідність форми об'єкта законам симетрії. Перейти від симетричної форми і структури до асиметричної. Інверсія прийому.

1.4 Перейти від прямолінійних частин, плоских поверхонь, кубічних і багатогранних форм (особливо в місцях з'єднань) до криволінійних, сферичних і обтікальних форм. Інверсія прийому.

1.5 Об'єкту (елементу), що працює під навантаженням, надати опуклої (більш опуклої) форми.

1.6 Компенсувати небажану форму складенням із оберненою за обрисами формою.

1.7 Виконати об'єкт у формі: іншого технічного об'єкта, що має аналогічну назву або призначення; тварини, рослини або їх органа; людини або її органів.

1.8 Зробити об'єкт (елемент) пристосованим до форм людини або її органів.

1.9 Використовувати в аналогічних умовах роботи природний принцип формування в живій або неживій природі.

1.10 Зробити раціональний (оптимальний) розкрій листового або об'ємного матеріалу; внести зміни у форму деталей для більш повного використання матеріалу.

1.11 Вибрати конструкцію деталей, найбільше наближену за формою і розмірами прокату, що випускається, і інших профільних заготовок.

1.12 Знайти глобально оптимальну форму об'єкта.

1.13 Знайти найбільшу цільну форму об'єкта (зорове виділення головного функціонального елемента, усунення або прикриття багатьох непотрібних деталей і т. д.).

1.14 Використовувати різні види симетрії й асиметрії, динамічні і статичні властивості форми, ритму (чергування однакових або схожих елементів), нюансів і контрасту.

1.15 Здійснити гармонійне ув'язування форм різних елементів (вибір масштабів і співвідношень між об'єктами і навколишнім предметним середовищем, використання естетично найкращих пропорцій).

1.16 Вибрати (придумати) найбільш красиву форму об'єкта і його елементів.

2 Перетворення структури

2.1 Усунути найбільш напружений (навантажений) елемент.

2.2 Усунути елемент зі збереженням об'єктом усіх колишніх функцій. Один елемент виконує кілька функцій, завдяки чому відпадає потреба в інших елементах. Прибрати «зайві деталі» навіть при втраті «одного відсотка ефекту».

2.3 Приєднати до об'єкта новий елемент у вигляді жорстко або шарнірно з'єднаної пластини (стрижня, оболонки або труби), що розташовується в робочому середовищі або в контакті з ним.

2.4 Приєднати до базового об'єкта додаткове спеціалізоване знаряддя праці, інструмент тощо.

2.5 Замінити зв'язки (спосіб або засоби з'єднання) між елементами; жорсткий зв'язок зробити гнучким або навпаки.

2.6 Замінити джерело енергії, тип привода, колір і т. д.

2.7 Замінити механічну схему електричною, тепловою, оптичною або електронною.

2.8 Істотно змінити компоновання елементів; зменшити компоновальні витрати.

2.9 Зосередити органи керування і контролю в одному місці.

2.10 Об'єднати елементи єдиним корпусом, станиною або виготовити об'єкт цільним.

2.11 Ввести єдиний привод, єдину систему керування або енергопостачання.

2.12 З'єднати однорідні або призначені для суміжних операцій об'єкти.

2.13 Об'єднати в одне ціле об'єкти, що мають самостійне призначення, що зберігається після об'єднання в новому комплексі.

2.14 Використовувати принцип агрегування. Створити базову конструкцію (єдину раму, станину), на яку можна «навішати» різні (у різних комбінаціях) робочі органи, агрегати, інструменти.

2.15 Сполучити або об'єднати явно або традиційно несумісні об'єкти, усунувши виникаючі протиріччя.

2.16 Вибрати матеріал, що забезпечує мінімальну трудомісткість виготовлення деталей і обробки заготовок.

2.17 Використовувати розсувні, розкладні, збірні, надувні й інші конструкції, що забезпечують значне зменшення габаритних розмірів при переході ТО з робочого стану в неробочий.

2.18 Знайти глобально оптимальну структуру.

2.19 Вибрати (придумати) найбільш красиву структуру.

3 Перетворення в просторі

3.1 Змінити традиційну орієнтацію об'єкта в просторі: горизонтальне положення на вертикальне або похиле; покласти на бік; повернути низом вгору; повернути шляхом обертання.

3.2 Використовувати «порожній простір» між елементами об'єкта. Один елемент проходить крізь порожнину в іншому елементі.

3.3 Об'єднати відомі порізно об'єкти (елементи) з розміщенням одного усередині іншого за принципом «матрьошки».

3.4 Розміщення по одній лінії замінити розміщенням по декількох лініях або по площинах. Інверсія прийому.

3.5 Замінити розміщення по площині розміщенням по декількох площинах або в тривимірному просторі; перейти від одноповерхового (одношарового) компонування до багатоповерхового (багатошарового). Інверсія прийому.

3.6 Змінити напрямок дії робочої сили або середовища.

3.7 Перейти від контакту в точці до контакту по лінії; від контакту по лінії до контакту по поверхні; від контакту по поверхні до об'ємного (просторового). Інверсія прийому.

3.8 Здійснити поєднання по декількох поверхнях.

3.9 Наблизити робочі органи об'єкта до місця виконання ними своїх функцій без пересування самого об'єкта.

3.10 Заздалегідь розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію з найбільш зручного місця і без витрат часу на їх доставку.

3.11 Перейти від послідовного з'єднання елементів до паралельного або змішаного. Інверсія прийому.

3.12 Розділити об'єкт на частини так, щоб наблизити кожен з них до того місця, де вона працює.

3.13 Розділити об'єкт на дві частини — «об'ємну» і «необ'ємну»; винести «об'ємну» частину за межі, що обмежують обсяг.

3.14 Винести елементи, піддані дії шкідливих факторів, за межі їх дії.

3.15 Перенести (помістити) об'єкт або його елемент в інше середовище, що виключає дію шкідливих факторів.

3.16 Вийти за традиційні просторові обмеження або габаритні розміри.

4 Перетворення в часі

4.1 Перенести виконання дії на інший час. Виконати необхідну дію до початку або після закінчення роботи.

4.2 Перейти від безперервної подачі енергії (речовини) або безперервної дії (процесу) до періодичної або імпульсної. Інверсія прийому.

4.3 Перейти від стаціонарного в часі режиму до змінного.

4.4 Виключити марні («шкідливі») інтервали часу. Використовувати паузу між імпульсами (періодичними діями) для здійснення іншої дії.

4.5 За принципом безперервної корисної дії здійснювати роботу об'єкта безупинно, без холостих ходів. Всі елементи об'єкта мають увесь час працювати з повним навантаженням.

4.6 Змінити послідовність виконання операцій.

4.7 Перейти від послідовного здійснення операцій до паралельного (одночасного). Інверсія прийому.

4.8 Поєднати технологічні процеси або операції. Об'єднати однорідні або суміжні операції. Інверсія прийому.

5 Перетворення руху і сили

5.1 Змінити напрямок обертання.

5.2 Замінити поступальний (прямолінійний) або зворотно-поступальний рух обертальним. Інверсія прийому.

5.3 Усунути або скоротити холості, зворотні і проміжні ходи і рухи.

5.4 Істотно змінити напрямок руху, у тому числі на протилежний.

5.5 Замінити традиційну складну траєкторію руху прямою або окружністю. Інверсія прийому.

5.6 Замінити вигин розтяганням або стисканням. Замінити стискання розтяганням.

5.7 Розділити об'єкт на дві частини — «важку» і «легку», пересувати тільки «легку» частину.

5.8 Змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати або опускати оброблюваний об'єкт.

5.9 Замінити тертя ковзання тертям катання. Інверсія прийому.

5.10 Перейти від нерухомого фізичного поля до рухомого. Інверсія прийому.

5.11 Розділити об'єкт на частини, здатні переміщатися одна відносно одної. Зробити елементи, що рухаються, нерухомими, а рухомі – нерухомими.

5.12 Змінити умови роботи так, щоб небезпечні або «шкідливі» моменти здійснювалися на великій швидкості. Інверсія прийому.

5.13 Використовувати магнітні сили.

5.14 Компенсувати дію маси об'єкта з'єднанням його з об'єктом, що має піднімальну силу.

6 Перетворення матеріалу і речовини

6.1 Розглянутий елемент і взаємодіючі з ним елементи зробити з того самого матеріалу або близького до нього за властивостями. Інверсія прийому.

6.2 Виконати елемент або його поверхню з пористого матеріалу. Заповнити пори якою-небудь речовиною.

6.3 Розділити об'єкт (елемент) на частини так, щоб кожна з них могла бути виготовлена з найбільш придатного матеріалу.

6.4 Забрати зайвий матеріал, що не має функціонального навантаження.

6.5 Змінити поверхневі властивості об'єкта (елемента); зміцнити поверхню об'єкта; нейтралізувати властивості матеріалу на поверхні об'єкта.

6.6 Замінити тверду частину елементами з матеріалу, що допускає зміну форми при експлуатації; замість твердих об'ємних конструкцій використовувати гнучкі оболонки і плівки. Інверсія прийому.

6.7 Змінити фізичні властивості матеріалу, наприклад, змінити агрегатний стан.

6.8 Замінити деякі об'єкти середовища на об'єкти з іншими фізико-механічними і хімічними властивостями.

6.9 Використовувати інший матеріал (більш дешевий, новітній і т. д.).

6.10 Використовувати деталі з матеріалу з наступним отвердінням.

6.11 Відокремити шкідливі або небажані домішки від речовини.

6.12 Замінити традиційне навколишнє середовище. Розглянути можливість використання вакууму, інертного, водного, космічного або якого-небудь іншого середовища.

6.13 Замінити об'єкти їх оптичними копіями (зображеннями); використовувати зміну масштабу зображення. Перейти від видимих оптичних копій до інфрачервоних, ультрафіолетових і інших зображень.

6.14 Дорогий довговічний елемент замінити дешевим недовговічним.

6.15 Замінити різні за матеріалом і формою елементи одним уніфікованим або стандартним елементом.

6.16 Виконати елементи з матеріалів з різними характеристиками, що дають потрібний ефект (наприклад, з різним термічним розширенням).

6.17 Замість твердих частин використовувати рідкі або газоподібні (надувні, гідронаповнювані, повітряні подушки, гідростатичні, гідрореактивні). Інверсія прийому.

6.18 Вибрати матеріали, що забезпечують зниження відходів при виготовленні деталей. Наприклад, перейти від застосування деталей, виготовлених обробкою різанням, до деталей із пластмаси (виготовлених формуванням) або металокераміки.

6.19 Перейти до безвідходних технологій, наприклад, одержати відходи матеріалів у більш цінному вигляді, що дає змогу використовувати їх для виготовлення інших деталей.

6.20 Здійснити зміцнення матеріалів механічною, термічною, термохімічною, електрофізичною, електрохімічною, лазерною і іншим видами обробки.

6.21 Використовувати матеріали з більш високими питомими зміцненими, електричними, теплофізичними й іншими характеристиками.

6.22 Використовувати армовані, композиційні, пористі й інші нові перспективні матеріали.

6.23 Використовувати матеріал зі змінюваними в часі характеристиками (твердістю, прозорістю і т. д.).

7 Прийоми диференціації

7.1 Розділити потік, що рухається, (речовини, енергії, інформації) на два або кілька.

7.2 Розділити сипкий, рідкий або газоподібний об'єкт на частини.

7.3 Зробити елемент знімним, легко відокремлюваним.

7.4 Диференціювати привод і інші джерела енергії; наблизити їх до виконавчих органів і робочих зон.

7.5 Зробити автономним керування і привод кожному елементу.

7.6 Провести дроблення традиційного цілого об'єкта на дрібні однорідні елементи з аналогічною функцією. Інверсія прийому.

7.7 Розділити об'єкт на частини, після чого виготовляти, обробляти, вантажити тощо кожен частину окремо, а потім виконувати складання.

7.8 Розділити об'єкт на частини так, щоб їх можна було замінювати при зміні режиму роботи.

7.9 Розділити об'єкт на частини: «гарячу» і «холодну»; ізолювати одну від іншої.

7.10 Надати об'єкт у вигляді складеної конструкції; виготовити його з окремих елементів і частин.

7.11 Додати блокової структури об'єктові, за якої кожен блок виконує самостійну функцію.

7.12 Виділити в об'єкті найпотрібніший елемент (потрібну властивість) і підсилити його або поліпшити умови його роботи.

8 Кількісні зміни

8.1 Різко змінити (у кілька разів, у десятки і сотні разів) параметри або показники об'єкта (його елементів, навколишнього середовища).

8.2 Збільшити в об'єкті кількість однакових або подібних один до одного елементів (або зробити навпаки). Змінити кількість одночасно діючих або оброблюваних об'єктів (елементів), наприклад, робочих машин, їх робочих органів, двигунів і т. д.

8.3 Змінити габаритні розміри, обсяг або довжину об'єкта при переведенні його в робочий або неробочий стан.

8.4 Збільшити ступінь дроблення об'єкта (або зробити навпаки).

8.5 Допустити незначне зниження необхідного ефекту.

8.6 Використовувати ідею надлишкового рішення (якщо важко одержати 100 % необхідного ефекту, задатися одержати трохи більше).

8.7 Змінити (підсилити) шкідливі фактори так, щоб вони перестали бути шкідливими.

8.8 Зменшити число функцій об'єкта і зробити його більш спеціалізованим, щоб відповідав функціям і вимогам, які залишилися.

8.9 Гіперболізувати, значно збільшити розміри об'єкта і знайти йому застосування. Інверсія прийому.

8.10 Підвищити інтенсивність технологічних процесів з робочою зоною у вигляді площадки або замкнутого об'єкта.

8.11 Створити місцеву локальну якість; здійснити локальну концентрацію сил, напруги тощо.

8.12 Знайти глобально оптимальні параметри ТО за різними критеріями розвитку.

9 Вживання профілактичних заходів

9.1 Передбачити прикриття і захист елементів, які легко ушкоджуються. Екранувати об'єкт.

9.2 Увести запобіжні пристрої або блокування.

9.3 Розділити крихкий і об'єкт, який часто пошкоджується, на частини.

9.4 Виконати об'єкт (елемент) розбірним так, щоб можна було замінити окремі пошкоджені частини.

9.5 Для зменшення простоїв і підвищення надійності створити легковикористовуваний запас робочих органів або елементів. Передбачити у відповідальних частинах об'єкта дублювальні елементи.

9.6 Захистити елемент від повітряного або іншого агресивного середовища.

9.7 Заздалегідь надати об'єкту напружень, протилежних неприпустимим або небажаним робочим напругам.

9.8 Заздалегідь додати об'єкту змін, протилежних неприпустимій або небажаній зміні, що виникає в процесі роботи.

9.9 Заздалегідь виконати необхідну зміну об'єкта (повністю або хоча б частково).

9.10 Забезпечити автоматичну подачу мастильних матеріалів до частин тертя.

9.11 Ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок (помістити об'єкт в оболонку, капсулу, гільзу). Інверсія прийому,

9.12 Додати об'єкту нової властивості, наприклад, забезпечити його плавучість, герметизацію, самовідновлення, зробити його прозорим, електропровідним і т. д.

9.13 Зробити об'єкт (елементи) взаємозамінним.

9.14 Передбачити компенсацію неточностей виготовлення об'єкта.

9.15 Розділити об'єкт на частини так, щоб при виході з ладу одного елемента об'єкт у цілому зберігав працездатність.

9.16 Для підвищення надійності заздалегідь підготувати аварійні засоби.

9.17 Забезпечити зниження або усунення вібраційних, ударних навантажень і інерційних перевантажень.

9.18 Використовувати об'єкти живої і неживої природи у формуванні зони естетичного впливу.

9.19 Виключити з навколишнього предметного середовища об'єкти, що викликають негативні емоції (створення зеленої

огорожі з дерев і чагарників, маскування, мімікрія під предмети, що викликають позитивні емоції і т. д.).

9.20 Усунути шуми і запахи, що викликають негативні емоції; трансформувати їх у більш естетичні звуки й аромати.

9.21 Створити замкнуті безвідходні технології з утилізацією і поверненням у виробництво забруднювальних речовин у вигляді сировини і матеріалів.

9.22 Здійснити розробку нових пристроїв і технологій, що забезпечують різке зниження забруднення і зміни середовища (наприклад, геотехнологія, припливні гідроелектростанції і т. д.).

10 Використання резервів

10.1 Використовувати масу об'єкта (елемента) або періодично виникаючі зусилля для одержання додаткового ефекту.

10.2 Компенсувати надмірну витрату енергії одержанням якого-небудь додаткового позитивного ефекту.

10.3 Виключити підбір і підганяння (регулювання і вивірку) деталей і вузлів при складанні об'єкта.

10.4 Усунути шкідливий фактор (наприклад, за рахунок компенсації його іншим шкідливим фактором).

10.5 Використовувати або акумулювати гальмову й іншу попутно одержувану енергію.

10.6 Замість дії, яка диктується умовами задачі, здійснити зворотну дію (наприклад, не охолоджувати об'єкт, а нагрівати).

10.7 Елемент, відходи (енергію, речовину), які виконали своє призначення або стали непотрібними, використовувати для інших цілей.

10.8 Використовувати шкідливі фактори (зокрема, шкідливі впливи середовища) для одержання позитивного ефекту.

10.9 Вибрати і забезпечити оптимальні параметри (температуру, вологість, освітлення та ін.).

10.10 Уточнити розрахункові напруження в елементах на основі використання більш точних математичних моделей і ЕОМ.

10.11 Перейти на інші фізичні принципи дії з більш дешевими або доступними джерелами енергії або більш високим ККД.

10.12 Після конструктивного поліпшення якого-небудь елемента визначити, як треба змінити інші елементи, щоб ефективність об'єкта в цілому ще більше підвищилася.

11 Перетворення за аналогією

11.1 Застосувати об'єкт, призначений для виконання аналогічної функції в іншій галузі техніки, користуючись класифікаторами патентів.

11.2 Використовувати природний принцип повторюваності однотипних елементів (бджолині стільники, клітки, листи, кристали тощо).

11.3 Використовувати як прототип технічного рішення, що шукають, об'єкт неживої або живої природи, близькі або віддалені галузі техніки.

11.4 Застосувати рішення, аналогічне до наявного: у провідній галузі техніки або в давньому і минулому технічному об'єктах; у неживій природі (фізика, хімія, біохімія й ін.); у сучасному або вимерлому світі живих організмів; в економіці або громадському житті людей; у науково-фантастичній літературі. Відповісти на запитання, як вирішують подібні задачі в зазначених галузях?

11.5 Використовувати аналоги властивостей інших об'єктів; використовувати властивості без самого об'єкта.

11.6 Застосувати принцип імітації, що полягає у створенні таких об'єктів, що за формою, кольором, зовнішнім виглядом й іншими необхідними властивостями аналогічні до іншого об'єкта.

11.7 Використовувати емпатію: думкою перетворити себе в об'єкт (елемент), за допомогою своїх відчуттів знайти найбільш доцільне рішення.

11.8 Використовувати як прототип дитячі іграшки.

11.9 Замість недоступного, складного, дорогого або крихкого об'єкта використовувати його спрощені і дешеві копії, моделі, макети.

12 Підвищення технологічності

12.1 Спростити форму і конструкцію деталей шляхом скорочення кількості оброблюваних поверхонь, неплоских і некруглих поверхонь, робочих ходів при обробці.

12.2 Вибрати форму і конструкцію елементів, що забезпечують застосування найбільш продуктивного технологічного устаткування, пристроїв і інструменту.

12.3 Вибрати конструкцію деталей вузлів, що забезпечує максимальне з'єднання й одночасне виконання операцій обробки і складання.

12.4 Знизити або усунути приганяльні роботи при складанні. Використовувати засоби компенсації неточності виготовлення.

12.5 Здійснити технологічну уніфікацію конструкцій, форми і розмірів деталей.

12.6 Замінити механічну обробку способом обробки без зняття стружки.

12.7 Використовувати елементи, які саморегулюються, відновлюються, самозагострюються, й інструменти, що скорочують трудомісткість профілактичного догляду і ремонту.

12.8 Максимально застосовувати стандартні елементи, що мають досить широку сферу застосування.

12.9 Використовувати модульний принцип конструювання, коли з невеликої кількості стандартних елементів (універсального набору) можна скласти будь-який виріб у заданому класі (наприклад, універсально-збірні пристрої, універсальна система елементів промислової пневмоавтоматики).

12.10 Максимально використовувати в проектованому об'єкті освоєні у виробництві вузли і деталі.

12.11 Максимально використовувати заготовки з розмірами, близькими до розмірів готової деталі. Використовувати точне лиття, штампування, зварювання.

12.12 Вибрати найбільш доцільне розчленовування об'єкта на блоки, вузли і деталі.

12.13 Вибрати матеріал, що забезпечує мінімальну трудомісткість виготовлення деталей.

С. С. Тимофеев, Л. В. Волошина
ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ
Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Волошина Л. В.

Редактор Буранова Н. В.

Підписано до друку 19.06.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,75. Тираж 10. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.