

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Вагони»

Д.І. Волошин, Л.В. Волошина

МЕТОДОЛОГІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ПРАЦІ

Конспект лекцій

Харків 2011

Волошин Д.І., Волошина Л.В. *Методологія інженерної праці: Конспект лекцій.* – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 100 с.

У конспекті лекцій послідовно розкриваються завдання та задачі науково-технічної діяльності інженерного апарату у процесі розроблення нових технічних рішень та удосконалення вже існуючих. Окремо приділено увагу історії розвитку інженерної думки у світовій промисловості, загальним питанням розроблення нових технічних рішень, класифікації методів інженерного аналізу з урахуванням їх особливостей та ін.

Іл. 3, табл. 3, бібліогр. : 6 назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Вагони» 22 лютого 2010 р., протокол № 8.

Рецензент

доц. О. С. Крашенінін

Д.І. Волошин, Л.В. Волошина

МЕТОДОЛОГІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ПРАЦІ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Волошин Д.І.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 01.03.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 3,5. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейсрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Кафедра „Вагони”

Д.І. Волошин, Л.В. Волошина

Конспект лекцій з дисципліни
„Методологія інженерної праці”

Харків 2011

Волошин Д.І., Волошина Л.В. Методологія інженерної праці: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 100 с.

У конспекті лекцій послідовно розкриваються завдання та задачі науково-технічної діяльності інженерного апарату у процесі розроблення нових технічних рішень та удосконалення вже існуючих. Окремо приділено увагу історії розвитку інженерної думки у світовій промисловості, загальним питанням розроблення нових технічних рішень, класифікації методів інженерного аналізу з урахуванням їх особливостей та ін.

Іл. 3, табл. 3, бібліогр. : 6 назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Вагони» 22 лютого 2010 р., протокол № 8.

Рецензент
доц. О. С. Крашенінін

Зміст

Список скорочень	4
Вступ	5
Лекція 1. Історія інженерної діяльності	6
Лекція 2. Теоретичні основи інженерної творчості. Основні терміни та визначення	19
Лекція 3. Постановка й аналіз задач інженерної творчості	33
Лекція 4. Методи інженерної творчості	40
Лекція 5. Метод евристичних прийомів	54
Лекція 6. Методи мозкової атаки	61
Лекція 7. Технічні протиріччя та методи їх вирішення	70
Лекція 8. Методологія наукових досліджень	77
Список літератури	88
Додаток А Міжгалузевий фонд евристичних прийомів перетворення об'єкта	89

СПИСОК 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
ФС – функціональна структура

ВСТУП

XX ст. було досить насичене подіями. Як тільки його не називають – «вік атому», «вік хімії», «епоха освоєння космосу». Але з не меншим правом його можна назвати і «віком інженерії». Прогрес науки і техніки привів до розквіту інженерної професії, дав у руки інженерам небачені творчі (і руйнівні) сили і в той же час поклав на них велику відповідальність за долю людської цивілізації. Відкриття нових форм перетворення, концентрації і використання енергії, нових можливостей підвищення і зниження температур, тиску, швидкостей, створення матеріалу з наперед заданими властивостями – все це і багато інших досягнень наукової думки служать фундаментом для удосконалення засобів праці, організації нових видів виробництва.

Збудувати ж на цьому фундаменті грандіозну будівлю нових технологій – завдання інженерних працівників. Без їх участі неможливе оперативне вирішення жодної і з складних проблем, висунутих новою науково-технологічною та економічною реальністю. Адже наука безпосередньо поєднується з технікою і втілюється в проектах складних агрегатів, автоматизованих ліній, потужних виробничих комплексів перш за все завдяки напруженим творчим зусиллям великого загону інженерів. Інженерна діяльність є ключовою ланкою у відомому ланцюжку «наука – техніка – виробництво», яка визначає відповідні темпи зростання виробничих сил суспільства. Інженер – це не вузький технічний спеціаліст, його рішення і діяльність дуже впливають на соціальне і природне середовище, на саму людину.

ЛЕКЦІЯ 1

ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

План лекції

- 1.1 Етапи розвитку інженерної діяльності.
- 1.2 Розвиток транспорту.
- 1.3 Винаходи і відкриття, які стали основою технічного прогресу в період розвитку техніки.
- 1.4 Інженерна діяльність в епоху науково-технічної революції.
- 1.5 Інженерна діяльність в умовах обмеження ресурсів і жорстких екологічних вимог.

1.1 Етапи розвитку інженерної діяльності

Слово «техніка» походить від грецького «*texne*» та латинського «*ARS*», які перекладаються як «мистецтво, майстерність, умілість». Це слово також є похідним від індоєвропейського кореня «*texin*», яке означає теслярське мистецтво або будівництво. У нефілософській античній літературі слово «*texne*» використовувалось для позначення роботи, майстерності, ремесла різного роду. У роботі старогрецьких філософів «*texne*» розглядалось не тільки як діяльність особливого роду, а і як вид знання.

Спорідненим до слова «техніка» вважається слово «інженер» (фр. «*ingenieur*» від лат. «*ingenium*» – розум, винахідливість, природжені здібності). Воно виникло від латинського кореня, що означає «творити», «створювати», «упроваджувати». До нього близькі за значенням українські слова «винахідливий», «майстерний», «мистецький», «хитромудрий». Слово «*ingenious*» спочатку використовувалося в значенні деяких військових машин у II ст. Людина, яка могла створювати такі хитромудрі прилади почала називатися «*ingeniator*» (винахідник). Також слово «механік» у першому своєму значенні відповідало вправнику, винахіднику, творцю машин.

У сучасному значенні під технікою розуміють сукупність штучно створених засобів діяльності людей. Техніка створюється та використовується з метою одержання, передачі та перетворення енергії, впливу на предмети праці при створенні матеріальних благ, збору, зберігання, переробки та передачі інформації, дослідження законів та явищ, природи й суспільства, пересування, керування суспільством, обслуговування побуту, забезпечення обороноздатності та ведення воєн.

Техніка – це система технічних знань, які включають до себе не тільки наукові, а й різні конструктивні, технологічні та інші подібні знання та евристичні прийоми, відпрацьовані у ході технічної практики.

Історія інженерної діяльності тісно пов'язана з історією цивілізації і закономірностями розвитку техніки.

Перший (праінженерний) етап був етапом становлення інженерної діяльності в епоху рабовласництва, пов'язаним головним чином з будівництвом та архітектурою.

Другий (передінженерний) етап інженерної діяльності почався в епоху Відродження і розвивався в умовах феодалізму та зародження машинного виробництва. Основною сферою інженерної діяльності залишається будівництво, а також створення військових машин та фортифікаційних споруд. Найвидатнішим інженером того часу був Леонардо да Вінчі, художник, архітектор, механік, експериментатор і винахідник, геніальність якого була підкріплена широкими технічними знаннями. До цього часу інженер та архітектор практично не відрізнялись – це той, хто керує створенням складних штучних споруд. Різниця між військовими та цивільними інженерами почала проводитися пізніше. Уперше почав називати себе цивільним інженером відомий англійський інженер Джон Смітон (1724 - 1792).

Третій етап становлення інженерної діяльності маємо в епоху промислового перевороту і розповсюдження робочих машин на базі парового двигуна.

Четвертий етап являв собою розвиток інженерної діяльності на основі системи машин і технічних наук в умовах монополістичного капіталізму (імперіалізму). У XIX ст. з розвитком науки і машинного виробництва з'явилися соціальні

інститути технічних наук і науково обґрунтована технічна діяльність, яка з цього часу вважається інженерною. Ця подія стала ключовою для формування поняття «інженер» у сучасному значенні. З виникненням інженерів за професією, як людей з науково-методичною підготовкою і технічними навичками, реалізується ідея єдності науки та практичних мистецтв, яка раніше розглядалась лише як ідеал.

П'ятий етап – формування сучасного інженера в епоху науково-технічної революції. У ХХ ст. інженерія поділилась на багато галузей та підгалузей: фізична (електротехнічна, механічна, радіо та ін.), хімічна, біохімічна інженерія, інформаційна та обчислювальна техніка являє собою лише деякі її розділи. Але для них усіх характерно одне – це не той, хто робить штучний об'єкт, а той, хто керує процесами його створення, планує та проектує складну технічну систему.

Слід розрізнити інженерну та технічну діяльність як у плані сучасної кооперації, поділу праці, так і в історичному плані. Сучасна технічна діяльність за відношенням до інженерної несе виняткову функцію, спрямовану на безпосередню реалізацію у виробничій практиці інженерних ідей, проектів та планів. В історичному ж плані інженерна діяльність відокремилася на першому етапі розвитку суспільства з технічної діяльності, яка притаманна людству на ранніх його стадіях і пов'язана з виготовленням знарядь.

Інженерна діяльність виникає тоді, коли виготовлення знарядь праці не може базуватися лише на традиції, спритності рук, кмітливості, а вимагає орієнтації на науку, цілеспрямоване використання для цього наукових знань та методів. Інженерна діяльність займає проміжне місце між виконавчою технічною діяльністю та наукою.

1.2 Розвиток транспорту

Епоха промислової революції в основних галузях капіталістичного господарства була і періодом технічної революції в засобах транспорту. Створення всесвітнього ринку, викликане величезним розвитком торгівлі, вимагало масової і по

можливості швидкої доставки сировини і готових виробів на великі відстані.

Велика машинна індустрія на початку XIX ст. не тільки поставила нові вимоги перед транспортом, вона в той же час підготувала матеріально - технічні передумови для його переоснащення. Досягнення металургії і машинобудування, парової енергетики та інших галузей промисловості відіграли вирішальну роль у розвитку залізничного і парового водного транспорту.

Розвиток залізничного транспорту відбувався за трьома основними напрямками. У цей період відбувалося виникнення і розповсюдження залізниць, проходила зміна способу тяги, а також розвиток спеціально пристосованих для залізниць вагонів.

Ідея залізниць знайшла застосування в гірничій справі ще в XVI ст. На рудниках у цей час застосовувалися примітивні дерев'яні рейки, по яких рухалися вагонетки з рудою. Потім починають розвиватися під'їзні рейкові шляхи для перевезення вантажів усередині окремих промислових підприємств. Спочатку рейки були дерев'яні, потім поступово їх почали покривати зверху чавунними пластинами чи оббивати залізом. Перші чавунні рейки з'являються в Англії на гірничих підприємствах у кінці 60 – х рр. XVIII ст., але ці рейки були крихкими і швидко виходили з дії. Після винаходу способу пудлінгування, тобто коли залізо стало досить дешеве, почали розповсюджуватися залізні рейки. Рейки з ковкого заліза уперше застосував в Англії інженер Ніксон у 1805 р. Уже в 1820 р. в Англії було повністю освоєно виробництво залізних рейок.

Візки-вагонетки, які рухалися по рейках на гірничих підприємствах, спочатку являли собою звичайні ящики на колесах. У 1786 р. ірландець Ричард Ловелл Еджуорт запропонував використати для перевезення вантажів цілі склади ящиків. Так виникли вагонетки. До початку XIX ст. вони застосовувалися в гірничій промисловості.

Спочатку вагонетки відкочувалися по гірничих виробках на поверхню вручну, потім перейшли до кінної тяги. Поступово з'являються так звані кінно-чавунні дороги.

Перша кінно-чавунна дорога для загального користування була відкрита в Англії в графстві Серрі (біля Лондона). Довжина

цієї дороги складала 40 км. Один кінь по спеціально пристосованому чавунному рейковому шляху віз поїзд із трьох вагонів загальною вагою 9,2 т. Кінно-чавунна дорога не могла повністю вирішити проблему транспорту, оскільки кінська тяга не забезпечувала достатню швидкість руху і вантажопідйомність. Потрібен був новий двигун. Увагу винахідників у галузі транспорту привернув універсальний паровий двигун. Думка застосування пари для потреб транспорту виникла ще у XVII ст. Спочатку намагалися пристосувати парові двигуни до звичайних візків чи возів, але проблема створення парового автомобіля так і не була вирішена.

Дуже багато винахідників у цю епоху намагалися побудувати локомотив, який би рухався по рейках. Особливо велике значення для створення залізничного транспорту мали роботи шотландського інженера і механіка Ричарда Тревітіка (1771 - 1833), який першим прийшов до ідеї застосування парових локомотивів на спеціально пристосованих рейкових шляхах. У 1803 р. Тревітік сконструював паровоз для рейкового шляху, а 6 лютого 1804 р. провів перше його випробування.

У 1814 р. Джордж Стефенсон сконструював і випробував свій перший паровоз, який в основному і вирішив проблему створення парового залізничного транспорту. До 1825 р. він побудував 16 різноманітних паровозів.

Перший паровоз у Росії був побудований у 1834 р. видатними російськими механіками Ю.О. Черепановим і М.Ю. Черепановим.

Пароплав, як і паровоз, має свою історію. Ще на початку XVIII ст. Дені Папен побудував човен, який рухався за допомогою пари, але цей рух був дуже повільний. Проте в результаті аварії випробування не було закінчене.

Перший практично придатний пароплав винайшов інженер і механік ірландець Роберт Фултон. Як і Стефенсон, він був геніальним самоуком. Свій перший, ще недосконалий, пароплав Фултон побудував і випробував на річці Сені в Парижі в 1805 р. У 1807 р. Фултон побудував колісний пароплав «Клермонт», на якому він установив парову машину Уатта.

Довжина пароплава становила 43 м, потужність двигуна – 20 к. с., водотоннажність – 15 т. Цей пароплав можна вважати

завершенням усіх попередніх дослідів і з створення практично придатного пароплава («Клермонт» здійснив свій перший рейс по річці Гудзон з Нью-Йорка в Альбані).

У 1811 р. шотландець Белль побудував перший пароплав в Англії. У 1815 р. в Росії на Іжевському металургійному і механічному заводі було побудовано перші 2 пароплави.

Слідом за винаходом річкового пароплава було зроблено спроби технічно удосконалити всі види морського транспорту.

Найвидатніше значення для суднобудування мав перехід до будівництва і сталевих корпусів пароплавів. Іншим дуже важливим чинником морського флоту був винахід гребного гвинта, який змінив гребні. Велика роль у цьому належить чеху Ресселу, який у 1826 р. виготовив невеликий гребний гвинт.

На початку 30 - х рр. ХІХ ст. почали з'являтися перші пароплави, придатні для регулярних океанських рейсів.

1.3 Винаходи і відкриття, які стали основою технічного прогресу в період розвитку техніки

Винайдений двигун внутрішнього згоряння реалізував нові технічні можливості. Перший двигун був винайдений у Франції Ленуаром у 1860 р. У 1867 р. німецькі винахідники Отто і Ланген продемонстрували свою конструкцію двигуна.

Англійський інженер Генрі Бесемер створив новий засіб виробництва заліза і сталі. У 1856 р. він сконструював спеціальний резервуар-конвертор для отримання сталі або заліза.

У 1864 р. французькі інженери Еміль і П'єр Мартен запропонували для отримання сталі використати «відбивну піч».

У цей період робляться спроби застосувати електрику для освітлення, створити електричні генератори та електричні двигуни.

Придатність електрики для освітлення була доведена ще в 1802 р. російським ученим В.В. Лєтровим. Але тільки в 40-х р. ХІХ ст. з'явилися численні конструкції електричних ліхтарів з тілами розжарювання з платини, іридію, вугілля, графіту і т. п. Велися також роботи з використання для освітлення електричної дуги.

Протягом першої половини XIX ст. велися роботи, направлені на створення електрогенераторів. Як відомо, усі генератори електричного струму можна звести до чотирьох видів: електростатичні (Отто фон Геріке, 1650 р.); електрохімічні (Вольта, 1800 р.); термоелектричні; електромагнітні. Вирішальну роль відіграв четвертий тип.

З кінця 30 - х рр. XIX ст. в усіх країнах Європи і США почалися роботи з конструювання електромагнітних генераторів електричного струму. З появою генератора із самозбудженням французького винахідника Грамма з кільцевим якорем генератор вийшов з експериментальної стадії розвитку. Паралельно і з створенням генератора йшла робота над удосконаленням конструкції електродвигуна (Якобі, Почіноті).

1.4 Інженерна діяльність в епоху науково-технічної революції

У середині XX ст. людство вступило в новий етап історичного розвитку – почалась епоха науково - технічної революції (НТР). Характерними особливостями НТР є:

- розроблення фундаментальних проблем природознавства;
- доведення результатів досліджень фундаментальних проблем до науково - технічних розробок та інженерних рішень;
- організація виробництва нової, а також удосконалення існуючої техніки і технології;
- упровадження нової техніки і технології в усі сфери виробництва і технічне переозброєння на цій основі всього господарства;
- удосконалення на основі використання досягнень науки і техніки організації виробництва, праці та управління;
- технічне переозброєння невиробничої сфери.

У матеріальному виробництві із середини XX ст. до наших днів відбулися значні зміни, які відображають типову специфіку сучасного етапу науково - технічного прогресу.

У галузі добування сировини і виробництва матеріалів відбувається безпрецедентне нарощування обсягів виробництва на основі впровадження високопродуктивної техніки і нових

методів добування і збагачення корисних копалин. Гірничодобувна промисловість перетворюється у висококомеханізовану галузь, діяльність якої може порівнюватись з глобальними геологічними процесами. Удосконалюється промислове освоєння руд, розширюється номенклатура хімічних елементів, які використовуються в промисловості, що призводить до пошуків і добування все нових мінералів.

Швидко збільшується добування кам'яного вугілля, нафти і природного газу, через зміну світового паливно-енергетичного балансу швидко зростає споживання нафти і газу, використання яких в енергетиці економічно більш вигідне, ніж кам'яного вугілля. Важливою енергетичною сировиною стають уранові руди.

Швидкого розвитку набуває хімічна промисловість, бурхливо розвивається відносно молода хімія пластмас. Виникає нова галузь хімічної промисловості – виробництво синтетичних матеріалів: штучних волокон, плівок, конструкційних полімерів. Освоюється виробництво синтетичних матеріалів з особливими технологічними характеристиками: штучних алмазів та інших занадто твердих абразивів, композитних матеріалів, різних покриттів і т.п.

Швидкими темпами зростають галузі, засновані на тих чи інших варіантах хімічної (як правило, безперервного типу) технології: металургія чорних і кольорових металів, нафтопереробка, гумова, целюлозно-паперова, цементна промисловості.

У галузі промислового виробництва і технології обробки матеріалів відбувається корінне технічне переозброєння, мета якого – значне і швидке збільшення обсягів продукції, яка виготовляється, та безперервне покращення показників її якості. Зокрема в металообробці широко застосовуються прогресивні засоби формотворення: виробництво деталей методом точного лиття під тиском, точне штампування, плазмові, лазерні, електронно-променеві, електроерозійні, електрохімічні і т.п.

Принципові зміни відбулись у розвитку робочих машин. Вони значною мірою пов'язані з вище наведеними зрушеннями в галузевій структурі промислового виробництва.

Основним технологічним обладнанням у цих галузях є все більші і потужніші закриті ємності – агрегати, у яких відбуваються хімічні процеси створення кінцевого продукту. Хід роботи та ефективність цих агрегатів визначаються сполученням численних змінних величин: фізико-хімічного складу завантажених у них компонентів, швидкістю і періодичністю подач, температурами, тиском і т. ін.

Специфіка цих робочих машин полягає перш за все в тому, що вони не здійснюють процесів формотворення, і тому в них відсутній робочий інструмент, який діє на форму предмета праці. У цих машинах відбувається процес перетворення речовин: виділення їх з різних видів сировини і матеріалів або синтез нових речовин на основі використання різних компонентів сировини (хімія органічного синтезу, біологічна хімія та ін.). Разом з тим в агрегатах цього типу значно ускладнюються функції передаточного пристрою, який замість передачі енергії виконавчим механізмам повинен регулювати дію тих численних змінних факторів, які визначають роботу агрегату.

Складність цього комплексу змінних факторів поступово переростає можливості людини в управлінні і ставить проблему оптимізації технологічних режимів та процесів, визначення і досягнення цієї оптимізації за допомогою засобів автоматики.

Істотні зміни відбуваються і в традиційних знаряддях праці, які застосовуються в галузях обробної промисловості з безперервною технологією і дискретною продукцією (перш за все в металообробній).

Упроваджується високопродуктивне і потужне пресове обладнання, металорізальні верстати з числовим програмним управлінням, верстати типу «обробний центр», засоби прецизійної обробки поверхонь.

Інтенсивне розповсюдження масового поточного виробництва разом з подальшим розвитком індивідуального (одно- та багатомоторного) електропривода сприяли функціональному удосконаленню та предметній спеціалізації робочих машин.

Спочатку все більш широке застосування знаходять багатопозиційні верстати, спеціалізовані на обробці вузького кола деталей і виробів, а іноді навіть однієї конкретної деталі або

одного виробу. Ці верстати займають значне місце на швидко зростаючих поточних лініях масового виробництва і стають важливою умовою їх високої економічної ефективності. Яскравим прикладом цих тенденцій є автомобільна промисловість з її багатопозиційними, суворо спеціалізованими верстатами.

Однак у процесі розвитку машинного виробництва і його поточної форми організації ці високоефективні верстати предметної спеціалізації вступають у протиріччя з високими темпами технічного прогресу і перетворюються з фактора його прискорення в гальмуючий фактор.

Функціонально-спеціалізована робоча машина більш гнучка та більш придатна до можливих змін об'єктів виробництва, ніж предметно спеціалізоване технологічне обладнання. Функціонально-спеціалізована робоча машина майже універсальна у виконанні своїх функцій, нейтральна до об'єкта виробництва, так як вона здійснює певну обробну функцію – обточує ту чи іншу поверхню, фрезерує, шліфує і т. д. Таким чином, верстати функціональної спеціалізації більш гнучко реагують на зміну об'єктів виробництва. Тим часом технічний прогрес виражається у все частішій зміні об'єктів виробництва – продуктів праці, у зміні їх конструкцій і типів, у появі зовсім нових виробів. Високоспеціалізовані предметні верстати, спроектовані для обробки дуже вузького кола деталей або виробів, важко переключити на обробку інших, нових виробів. Разом з тим такі верстати через їх складність коштують дорого. Ці обставини не дозволяють знімати їх з експлуатації разом зі зміною об'єктів виробництва.

З іншого боку, предметно-поточна організація виробництва, у рамках якої особливо широко застосовуються багатопозиційні верстати предметної спеціалізації, безумовно, є більш високою і прогресивною формою. Є всі підстави твердити, що предметно-поточна організація в поєднанні з автоматизацією виробництва – це майбутнє сучасної промисловості. Тому повернення від поточної організації до попередньої технологічної, цехової структури, яка значно легше реагує на часту зміну об'єктів виробництва, означало б рух назад.

Це протиріччя сучасного технічного прогресу вирішується шляхом синтезу функціональної і предметної спеціалізації робочих машин – створення гнучкого технологічного обладнання. Синтез здійснюється на основі всебічного удосконалення функціональних вузлів технологічного обладнання і гнучкого компонування їх у предметні агрегатні верстати або лінії.

Вимога гнучкості стає все більш важливим критерієм прогресивності робочої машини. Робоча машина, у якій органічно злились в одне ціле три моменти машинного комплексу (машина-двигун, передаточний механізм і робоча машина - виконавчий механізм), знову роз'єднується на частини. Однак це вже не колишні частини – елементи машинного комплексу, а функціонально-спеціалізований і удосконалений, так би мовити, «мікро комплекс» – силова головка, у якій розміщені, злиті двигун, передаточний пристрій і робочий виконавчий механізм.

Агрегатні верстати, що являють собою предметне сполучення силових головок, – це вже не просто єдиний машинний комплекс, а справжня система машин, у кожний елемент якої входять усі три частини машинного комплексу. Це – за нашого часу вища форма первісної клітини машинного способу виробництва. Вона здійснює значний вплив і на характер технічного розподілу праці, і на тип та кваліфікацію робітника. У ній закладені також елементи, які знаходять свій повний розвиток на наступних етапах машинного виробництва.

У розвитку робочих машин у період НТР слід відмітити ще дві важливі тенденції.

Перша з них полягає в багаторазовому збільшенні одиничної потужності і продуктивності основних видів енергетичного і технологічного обладнання. Це простежується на прикладах зростання потужностей гідравлічних і парових турбін (з десятків тисяч кіловат на початку минулого століття до 1 млн кВт), об'єму доменних печей (з 500-600 м³ перед Другою світовою війною до 5000 м³), розмірів пересувних механізмів (екскаватори з ковшем ємністю 100 м³ та вильотом стріли 50-65 м і більше, автомобілі вантажопідйомністю 40-75 т). Поряд зі зростанням

одиничних потужностей технологічних агрегатів збільшуються також масштаби підприємств, зростає концентрація виробництва.

Друга винятково важлива тенденція в розвитку робочих машин, яка виникла та одержала деяке розповсюдження на попередньому етапі розвитку машинного виробництва, пов'язана зі створенням і впровадженням машин-автоматів. Це знаменує перехід до нового, вищого ступеня в розвитку машин, у характері праці і в організації виробництва – перехід до автоматизації. Автоматизація є одним з важливих ланцюгів сучасної науково-технічної революції. Упроваджуються повністю механізовані та автоматизовані ділянки і лінії, у 70-х рр. ХХ ст. виробництво починає обладнуватись промисловими автоматичними роботами, промисловими маніпуляторами першого покоління. Розвивається застосування автоматизованих систем проектування, технологічної підготовки виробництва та управління процесами обробки матеріалів з використанням ЕОМ. На основі застосування ЕОМ, нового технологічного обладнання та удосконалення організації виробництва в останні роки почався розвиток обладнаних роботами та керованих ЕОМ гнучких автоматичних виробництв та інтегрованих автоматизованих комплексів, які повинні вирішити особливо складну проблему автоматизації дискретних виробничих процесів для виготовлення продукції, номенклатура якої часто змінюється.

Науково-технічна політика інженерної діяльності спрямована на повну автоматизацію матеріального виробництва, на створення, в перспективі, автоматичних підприємств, на яких повністю буде ліквідована нетворча праця.

1.5 Інженерна діяльність в умовах обмеження ресурсів і жорстких екологічних вимог

У другій половині ХХ ст. технічний прогрес уперше в історії натрапляє на обмеження глобального масштабу.

По-перше, людство впритул підійшло до проблеми вичерпання цілого ряду невідновлюваних природних ресурсів, головним чином мінеральних, придатних для масового

добування, виробництва енергії і промислової переробки сировини в матеріали і технічні засоби.

По-друге, вплив промисловості та інших видів технічної діяльності на біосферу набув загрозливих розмірів і поставив під знак питання майбутнє існування людства.

По-третє, виникла проблема обмеження трудових, фінансових та інших ресурсів, які виділяються суспільством на науково-технічний прогрес.

По-четверте, розвиток військово-технічних засобів створює реальну загрозу існування життя на Землі.

В умовах НТР усі ці фактори, які виникли в різний час, у сукупності різко змінюють весь соціально-економічний ефект технічної, інженерної діяльності у другій половині ХХ ст.

Екологічна криза від перших двох факторів призводить до деградації біосфери внаслідок технічної діяльності людства, що проявляється в таких явищах: зменшення різноманітності природного середовища; знищення біоценозів (біоценоз – сукупність рослин, тварин та мікроорганізмів, які населяють дану частину суші або водоймища і характеризуються певним відношенням між собою і пристосованістю до умов навколишнього середовища); порушення природного кругообігу речовин; накопичення відходів промисловості, у тому числі відходів атомних електростанцій.

Наприклад, тільки в розвинутих країнах під будівництво доріг і споруд щорічно відводиться 3000 км сільськогосподарських угідь. Щорічно знищується не менше 10 млн га лісу. Під загрозою зникнення знаходиться 400 видів птахів, 193 види риб, 138 видів земноводних і плазунів.

Але якщо НТР породила нові проблеми, то вона створила і нові засоби її вирішення. Негативні наслідки науково-технічної діяльності можуть бути переборені не її зупинкою, а тільки її подальшим розвитком на новому якісному рівні: створенням нових галузей науково-технічного знання, нових технічних засобів і технологічних процесів, які відповідають сучасним соціально-економічним вимогам, нових способів виробництва і застосування техніки.

Тут важливого значення набувають ті галузі досліджень, які забезпечують зменшення матеріалоємності та енергоємності

техніки, підвищення її надійності і довговічності, покращення фізико-хімічних і технічних характеристик штучних матеріальних засобів діяльності, принципово новий підхід до охорони природи, впровадження екологічно безпечних маловідходних і безвідходних технологій. Ці напрями повинні бути пріоритетними в інженерній діяльності в епоху НТР.

Збільшення арсеналів засобів масового знищення, нарощування військово-технічних потенціалів, по-перше, створює загрозу самому існуванню життя на Землі, по-друге, військово-технічні дослідження і військова промисловість поглинають гігантські людські і матеріальні ресурси.

ЛЕКЦІЯ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

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 технічних об'єктів.
- 2.5 Моделі технічних об'єктів.
- 2.6 Конструктивна еволюція технічних об'єктів.

2.1 Навколишнє середовище технічного об'єкта

Кожен ТО знаходиться у визначеній взаємодії з навколишнім середовищем. Для конкретного ТО як навколишнє середовище можуть виступати його надсистема, об'єкти неживої і живої природи й інші ТО, які знаходяться 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 по декількох каналах зв'язку, що розділяються на дві групи.

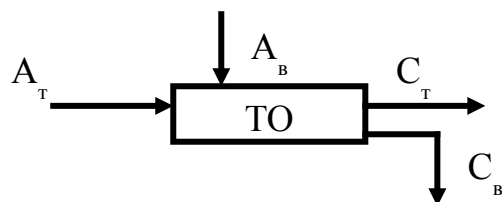


Рисунок 2.1 – Взаємодія ТО з навколишнім середовищем

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

A_B – змушені вхідні 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 – змушені вихідні впливи (забруднення води, землі і повітря, струми СВЧ і т.д.).

2.2 Список вимог

При розробленні і проектуванні ТО завжди наявний визначений список вимог, які ТО повинен задовольняти. Мова йде про необхідний і достатній набір вимог, при виконанні яких виріб буде мати припустиму (очікувану) працездатність, ефективність, ремонтпридатність і т.п. Якщо в такому наборі не буде врахована і виконана хоча б одна вимога, 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 проектування ТО задають і уточнюють декілька ієрархічно взаємозалежних списків вимог, що відповідають визначеним етапам розроблення. При цьому кожен наступний список більше попереднього і включає його в себе.

Для техніки в цілому також існує список вимог. Спробу складання такого списку в 1950 р. починав Ф. Кесельринг, що склав список, який включав більше 700 вимог. Навіть для того часу це був неповний список, а за минулий час число вимог у повному списку збільшилося 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 монотонної зміни або тенденцію підтримки на визначеному рівні при досягненні своєї межі. Ці показники усіма усвідомлюються як міра досконалості і прогресивності, і вони значно впливають на розвиток окремих класів ТО і техніки в цілому. Такі параметри і показники будемо називати **критеріями розвитку ТО**.

Поряд з критеріями розвитку існують ще **показники якості (критерії якості)** ТО, до яких у першу чергу належать критерії розвитку і деякі параметри, певна зміна яких може приводити до поліпшення якості й ефективності цього ТО. Крім того, показник якості дозволяє 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 покращенні одних і не погіршенні інших критеріїв.

Набір критеріїв, що визначають розвиток техніки, **включає такі чотири групи критеріїв**:

- 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, викликаних створеним ТО.

Можлива систематика критеріїв розвитку техніки (можна доповнювати для свого класу ТО) подана 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 діючі функціональні критерії.

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

Приклади формул критерію продуктивності наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Приклади формул критерію продуктивності

Технічний об'єкт	Структура формули	Одиниця вимірювання
Електробрита	$1/T$	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

Критерій продуктивності являє собою інтегральний показник рівня розвитку техніки, що безпосередньо залежить від ряду параметрів і в цілому впливає на продуктивність праці. Ці параметри являють собою як би приватні функціональні критерії; до них належать:

- **швидкість обробки об'єкта** (число оборотів або операцій в одиницю часу, швидкість руху робочих органів машини, транспортної машини, протікання хімічної реакції і т.п.);

- **фізичні і хімічні параметри** (температура, тиск, напруга та ін.), які певним чином 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 визначеної 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 визначеної продукції);

- **безперервність процесу обробки** (критерій безперервності процесу обробки, пов'язаний з одержанням визначеної 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 включають такі типи критеріїв:

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

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

Критерії надійності. Під надійністю ТО звичайно мають на увазі здатність без відмов виконувати свою функцію із заданою ймовірністю протягом визначеного інтервалу часу. Критерій надійності зростає зі збільшенням часу ймовірності безвідмовної роботи і включає критерії:

- безвідмовності;
- довговічності;
- збережуваності;
- ремонтпридатності.

Визначення цих критеріїв для різних ТО легко знайти в спеціальній літературі.

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, яка залежить від технологічних факторів, що знову ж вносять визначену частку в економію живої праці. Можна виділити чотири основних технологічних критерії.

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 обирають таким чином, щоб критерій трудомісткості об'єктивно відбивав прогресивний розвиток розглянутих ТО.

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

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

A_u – уніфіковані елементи, запозичені з існуючих ТО;

$A_{н1}$ – оригінальні (нові) елементи, виготовлення яких не викликає ускладнень (можуть бути виготовлені на наявному устаткуванні), але вимагає розроблення і відпрацювання технології їх виготовлення;

$A_{н2}$ – оригінальні елементи, виготовлення яких викликає значні труднощі, які можуть бути вирішені (потрібне розроблення нової технології з попереднім виготовленням складного технологічного оснащення, придбання дефіцитного устаткування і т.п.);

$A_{н3}$ – оригінальні елементи, виготовлення яких викликає принципіві, поки невирішені труднощі, (відсутність у принципі необхідного технологічного устаткування або матеріалів).

Критерій технологічних можливостей повинен відбивати простоту і принципovu можливість виготовлення ТО.

Критерій технологічних можливостей відбиває фактор спадковості в техніці. При переході від одного покоління ТО до іншого цей критерій змушує в найбільшій мірі зберігати і використовувати перевірені практикою функціональні елементи, відпрацьовану технологію їх виготовлення й існуюче технологічне устаткування. Оскільки за кожен конструктивну зміну в новому поколінні ТО доводиться «платити» значними додатковими витратами, пов'язаними зі зміною технологічного процесу і створенням відповідного технологічного устаткування, пристосувань та інструменту, 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 і т.п.) та ін. У процесі обробки вихідного матеріалу і заготовок з'являються обрізки, стружка й інші відходи, у результаті чого маса готових деталей і відповідно ТО виходить менше маси 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 т/р. У цілому коефіцієнт використання металу не перевищує 0,55.

Оскільки частка відходів значно 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 комплектуючі елементи не враховуються).

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

Наприклад, деякі прості вузли можна виготовити у вигляді однієї нероз'ємної деталі, окремі вузли об'єднати одною станиною і т.п. Така мінімізація числа елементів дає, здавалося б, визначений вигравш за рахунок виключення елементів спряження і з'єднання (зменшується загальна маса виробу, підвищується його твердість і надійність, зменшується трудомісткість механічної обробки і складання і т.д.). Однак таке удаване спрощення конструкції, поряд із зазначеними позитивними моментами, часто приносить великі втрати. Більший розподіл часто скорочує час і трудомісткість розроблення і доведення виробу в цілому, оскільки в кожному новому виробі якби добре він не був спроектований, є більш-менш довершені вузли. Тому в процесі розроблення 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, дозволяє надмірно складні (з

погляду виготовлення) за конструкцією елементи складати з простих однотипних елементів.

При надмірно дрібному дробленні ТО на елементи багато з цих переваг стають недоліками.

Завжди існує оптимальне розподілення ТО на вузли і деталі, що значно спрощує технологію розроблення, доведення, виготовлення, ремонту і модернізації виробів, є основою для уніфікації і стандартизації.

3 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 та інші машини і пристрої), у яких значна частина енергії витрачається на забезпечення поступального, зворотно-поступального, обертального й інших 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 визначена 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 з широким використанням обчислювальної техніки з'явилися 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 з'явилася необхідність введення критерію витрат на інформаційне забезпечення у вигляді **відношення витрат на підготовку й обробку інформації, що включають вартість або експлуатацію обчислювальної техніки, розроблення (або оренду) програмного й інформаційного забезпечення, до головного показника ефективності.**

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

- зменшення площі й об'єму будівель і приміщень, у яких постійно або тимчасово знаходяться ТО;
- зменшення площі землі, яку займають безпосередньо ТО або будівлі, у яких знаходяться ТО;
- збільшення корисного об'єму в ТО типу літальних і космічних апаратів, суден, підводних човнів і т.п.;
- скорочення витрат на захист ТО (витрати на матеріал корпусу, кожухи, чохли, лакофарбові покриття і т.п.) і догляду за ними;
- скорочення витрат на транспортування ТО.

Критерій габаритних розмірів дорівнює відношенню основних габаритних розмірів технічного об'єкта V 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 у залежності 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 ж, 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 працюючих і оточуючих людей;

– викликають ураження органів, що приводять до тимчасової втрати працездатності;

– важкі ураження, що приводять до постійної втрати працездатності (переведення на інвалідність);

– смертельні випадки.

У зв'язку з цим існує критерій безпеки, під дією якого ТО у своєму розвитку має тенденцію знизити або виключити шкідливі й небезпечні впливи на оточуючих людей.

Критерій екологічності. Критерій екологічності, або критерій збереження навколишнього середовища, повинен регулювати взаємини між 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 найперші потреби зростаючого народонаселення не можна задовольнити, не роблячи таких змін. Цей критерій у першу чергу повинен впливати на вибір засобів мінімального впливу на природу, на серйозне обґрунтування нормативів забруднення і

зміни середовища, порушення яких приносить велику шкоду в порівнянні з користю або взагалі неприпустиме. 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, виключають деякі існуючі ТО або проводять спеціальні заходи щодо відновлення природи і т.д.

2.4 Недоліки і дефекти технічних об'єктів

У будь-якого ТО в процесі виготовлення й експлуатації відразу або згодом з'являються певні **недоліки (дефекти)**, що виникають найчастіше з таких **причин**:

- при проектуванні ТО деякі вимоги були занижені (наприклад, виявився недостатнім об'єм 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 вироб виявився неконкурентоспроможним.

До недоліків належать невраховані вимоги, незадоволені вимоги і вимоги, що можуть покращити будь-який показник якості.

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

2.5 Моделі технічних об'єктів

Модель ТО дозволяє одержати відповіді на два питання:

- чи відповідає розглянутий ТО або його опис (ТФ, ФС, ФПД, ТР або проект) даній вимозі або списку вимог;

– який з 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 обрати з двох варіантів найкращий за визначеним показником якості.

Математичні моделі. Вони дозволяють оцінити вимоги і критерії якості за допомогою розрахункових формул, систем рівнянь, алгоритмів і т.п.

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.

У даний час вибір того або іншого типу моделей обумовлюється вимогами за точністю, витратами часу і вартістю 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. Має також місце комбінування уявних і математичних моделей, коли в методиці (алгоритмі) розрахунку використовують попередні або наступні експертні оцінки.

2.6 Конструктивна еволюція технічних об'єктів

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:

- а) початок виготовлення і використання покоління технічних об'єктів;
- б) накопичення протягом часу недоліків у покоління;
- в) розроблення нового покоління, що усуває недоліки; і початок його виготовлення і використання.

Вкажемо деякі 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 завдання не тільки винайти кілька альтернативних поліпшених технічних рішень, але, 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 ст. з'явилися гідравлічні турбіни, що до середини XX ст. знайшли дуже широке розповсюдження. Із середини XX ст. поширення гідравлічних турбін (гідроелектричних станцій) стало обмежуватися бурхливим розвитком теплових електростанцій. У даний час знову підвищується роль гідроелектричних станцій (припливні, прибійні і т.п.). Ще один приклад. До 1870 р. припинилося використання гладкоствольних артилерійських гармат, що заряджаються з дула. Почали застосовуватися нарізні гармати, що заряджаються з казенної частини, але приблизно через 70 років з'явилися міномети.

3 Аналіз конструктивної еволюції дозволяє виявити і коротко описати **досвід вирішення задач інженерної творчості**. Такий досвід часто формують у вигляді узагальнених евристичних прийомів (правил), що підказують одержання від

прототипу покращеного рішення. Цінність таких правил полягає в тому, що вони для даного класу ТО (і для інших класів) часто спрацьовують повторно, тобто їх має сенс свідомо використовувати, тим більше, що серед них виявляються і випадкові закономірності зміни конструкції ТО.

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

5 Поглиблене та усебічне вивчення конструктивної еволюції класу ТО дозволяє 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 пошуці покращених технічних рішень.

ЛЕКЦІЯ 3

ПОСТАНОВКА Й АНАЛІЗ ЗАДАЧ 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 у нього**

певні зміни. Ця методика не охоплює інші класи задач, такі як пошук нових потреб і формулювання нових функцій ТО; розроблення принципово нових технічних рішень, що не мають прототипів; постановка задач пошуку нових технічних рішень як задач математичного програмування.

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.

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 подальшими спробами вирішення задачі.

Після виконання кожної операції бажано коротко записати отриманий результат.

3.2 Попередня постановка задачі

Операція 1. Опис проблемної ситуації

Ця операція являє собою попереднє коротке формулювання задачі, у якій повинні бути відповіді на такі питання:

- 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 коротку характеристику технічного засобу, за допомогою якого можна задовольнити потребу, що виникла.

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 пошуці покращеного рішення. Обирають 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 кращих світових зразків, аналогічні технічні рішення у ведучому класі ТО. Ведучий клас ТО в порівнянні з розглянутим має близьку функцію і більш високий технічний рівень. Наприклад, для вагонобудування ведучим 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 по розглянутому, так і функціонально близьких класах ТО), каталоги виставок і т.д.

Список основних вимог до прототипу складають у залежності 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 розроблення нового покоління ТО.

Іноді при виборі прототипу вдається знайти придатне рішення і тим самим зняти проблемну ситуацію. У цьому випадку при дефіциті часу і ресурсів можна припинити вирішення задачі пошуку поліпшеного технічного рішення. Однак при наявності часу майже завжди має сенс і є можливість покращити 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 покращеної модифікації ТО.

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

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

Для кожного критерію, показника і фактора варто дати кількісну оцінку з перспективою на майбутнє. Перелік потребуючих покращення 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

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

Дано:

а) якісний або кількісний (у залежності 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 в меншій мірі) недоліки, властиві прототипу.

3.3 Уточнена постановка задачі

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

Виконується аналіз функцій прототипу і побудова його конструктивної ФС.

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

а) які можна ввести нові функціональні елементи, що забезпечують 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 відповіді на питання будують покращену конструктивну ФС. При цьому можливі ситуації, коли не вдається змінити ФС прототипу або з'являється кілька альтернативних покращених ФС.

Операція 7. Аналіз функцій вищої за ієрархією системи

Майже завжди розглянутий ТО можна подати 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 ним 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'єкту частково або повністю передати виконання функції розглянутого ТО;

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

- сформулювати за аналогією з операцією 5 задачу внесення змін у суміжні об'єкти. Провести техніко-економічне порівняння первісної постановки задачі по операції 5 із задачею внесення зміни в суміжні об'єкти. Якщо остання більш ефективна, то варто проробити її по операціях 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 питання: чи можна повністю або частково позбутися недоліку, виключивши причину його виникнення?

Операція 9. Виявлення й аналіз протиріч розвитку

Покращення багатьох ТО пов'язане з подоланням протиріч розвитку, що можуть бути в нижченаведеній 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 придатного прототипу для розроблення поліпшеного ТО. Сформулювати і надати ідеальне технічне рішення.

Ідеальне технічне рішення має такі властивості:

- в ІТР розміри ТО наближаються або збігаються з розмірами оброблюваного або транспортованого об'єкта, а чиста маса ТО набагато менше маси оброблюваного об'єкта;

- в ІТР маса і розміри ТО або його головних функціональних елементів наближаються до нуля, а в граничному випадку дорівнюють нулеві (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 при його мінімальній участі;
- ТО, що має ІТР, не має ніякого негативного впливу на людину і навколишнє природне середовище.

Операція 11. Покращення 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 й мали значні переваги перед існуючими виробами з комплексу всіх істотних показників.

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

- а) які ще можна усунути недоліки в прототипі;
- б) які показники можуть бути додатково покращені і наскільки?

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 короткий опис прототипів, до яких можуть бути віднесені покращені 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 покращити;
- формулювання протиріч розвитку прототипів.

ЛЕКЦІЯ 4

МЕТОДИ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ

План лекції

- 4.1 Метод і списки контрольних питань.
- 4.2 Асоціативні методи. Синектика.
- 4.3 Метод морфологічного аналізу.
- 4.4 Метод функціонально-вартісного аналізу технічних об'єктів.
- 4.5 Алгоритм вирішення винахідницьких задач Г. С. Альтшуллера.

До методів інженерної творчості відносять:

- методи мозкової атаки;
- метод евристичних прийомів;
- метод і списки контрольних питань;
- асоціативні методи;
- метод морфологічного аналізу;
- метод автоматизованого синтезу фізичних принципів дії;
- метод автоматизованого синтезу технічних рішень;
- метод автоматизованого пошуку оптимальних технічних рішень;
- метод функціонально-вартісного аналізу технічних об'єктів.

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 відображення в оригінальному списку контрольних питань **А. Осборна**, у правилах **М. Тринга** та **Е. Лейтуейта**, у переліку питань і порад **Д. Пойа** й інших авторів.

Метод контрольних питань базується на застосуванні так званих «списків контрольних питань», що являють собою евристики, до складу яких включені навідні питання, указівки-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 розробників від їх звичних, стереотипних уявлень вирішення технічних протиріч, допомогти перебороти їм психологічну інерцію мислення, вивільнити їх 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 розробників нових технічних об'єктів містить у собі нижченаведені позиції:

1 Перелічіть усі якості і визначення передбачуваного винаходу, укажіть 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 з їх усунення.

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

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

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

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

8 Довідайтеся думку з вирішення головної задачі в людей, зовсім не обізнаних у даній проблемі.

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

10 Спробуйте використовувати «національні» підходи до рішення задач: хитре шотландське, марнотратне американське, складне китайське, усеосяжне німецьке і т.п.

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

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

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

14 Визначіть ідеальні кінцеві результати з 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» всередину 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 домігся?

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

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

До того ж на окремих етапах цієї мислєдїяльностї передбаченї психологїчнї тренїнгї (питання 4, 10, 12, 16), що активїзують творчу уяву і фантазїю, надають мисленню розкутїсть і гнучкїсть.

4.2 Асоціативнї методи. Синектика

Автором синектики – методу пошуку нових рїшень - вважається американський дослідник У. Д. Гордон. В основу синектики, розробленої ним усередині 50-х рр. ХХ ст., був покладений метод мозкової атаки. Завдяки своїй високій продуктивностї цей метод одержав дуже швидко і широкомасштабне застосування, що дозволило У. Гордону вже в 1960 р. створити спеціальну фірму з навчання творчому.

Слово «синектика» у перекладі з грецької мови означає «поєднання рїзнорїдних елементів». У повному сучасному словнику англїйської мови дається таке визначення: «Синектичнї групи – групи людей рїзних спеціальностей, що зустрічаються з метою спроби творчих вирїшень проблем шляхом необмеженого тренування уяви й об'єднання несумїсних елементів».

Розглянемо, чим відрїзняється синектика від методу мозкової атаки. Звичайну мозкову атаку проводять люди, не навченї спеціальним творчим прийомом. Синектика передбачає створення постійних груп «професїйних генераторів» нових ідей, що володїють високим рївнем спеціалїзацїї, – синекторів. Такї групи, накопичуючи досвід і освоюючи високоефективнї творчї прийоми, працюють набагато продуктивнїше, нїж ненавченї «генератори» у випадково сформованих колективах.

Синектичнї сеанси проводяться спеціально сформованими групами з 5–7 чоловік, що пройшли попереднє навчання. До синекторів приймають зрїлих людей, що мають широкий кругозір і володїють, як правило, двома спеціальностями (наприклад хїмік-музикант, лікар-механїк, електрик-художник).

Інженери і винахідники використовують аналогїї на аматорському рївнї, тодї як синекторів навчають професїйному володїнню процесами аналогїзування.

Синектори навчаються пошуку нових ідей шляхом застосування чотирьох видів аналогїй:

- прямої;
- особистїсної;

- фантастичної;
- символічної.

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

Особистісна аналогія (називана 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 (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 удосконалювання. 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 цьому учать 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 «знаходженням метафори назви 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 обирає ключове слово і пропонує виразити його сутність у вигляді короткого визначення, що носить оригінальний і парадоксальний характер і складається з іменника і прикметника. Наприклад: полум'я – видима теплота, екологія – чисте джерело, мармур – райдужна сталість, мурахи – невтомні трудівники і т.п.

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

Синектори працюють за визначеною програмою, що складається з п'яти послідовних етапів.

1 На першому етапі синектори формулюють і уточнюють «проблему, як вона дана». Особливістю етапу є те, що ніхто з учасників, крім керівника, не знає конкретні умови задачі, оскільки її передчасна конкретизація ускладнює абстрагування, не дає відійти від звичного стилю мислення.

2 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 Тут починається генерування ідеї. Починається «екскурсія» по різних галузях техніки, живої природи, психології для виявлення того, як аналогічні проблеми вирішуються в цих (далеких від вирішуваної задачі) галузях. У процесі знаходження таких прикладів синектори використовують усі види аналогій, розглянутих вище.

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

5 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 зберігають принцип перебору варіантів. Однак вона має серйозний недолік – вона не використовує знання закономірностей розвитку техніки, але іноді ці закономірності проявляються через досвід синекторів.

4.3 Метод морфологічного аналізу

Термін «морфологія» (вчення про форму) уперше використав **Йоганн Вольфганг Гете** – німецький мислитель, натураліст і всесвітньо відомий письменник, поет. Він був основоположником морфології організмів – вчення про форму та будову рослин і тварин.

Автором методу морфологічного аналізу є швейцарський астроном **Ф. Цвікки**, що не дав розгорнутого визначення цьому поняттю, а лише вказав, що цей метод дозволяє знаходити всі 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 дозволяє одержати сотні і тисячі можливих варіантів (комбінацій, поєднань) вирішення 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.

Етапи проведення морфологічного аналізу

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

Наприклад, перерахувати 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 вирішення проблеми. Причому до всіх

елементів морфологічного дослідження повинен бути виявлений рівний інтерес. Доки не буде отримана повна картина всіх варіантів структури досліджуваного об'єкта, не можна вводити ніяких обмежень у рішення.

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

Морфологічна матриця конструктивного komponування ТО наведена 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 вирішення задачі. При цьому кожен варіант вирішення 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 великого числа варіантів, яке дорівнює добуткові чисел випадкових ознак у кожному рядку матриці.

5-й етап: аналіз і оцінка всіх без винятку варіантів вирішення 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 або інших причин і виключаються з подальшого розгляду.

На 6-му етапі проводиться вибір одного або декількох синтезованих варіантів вирішення 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 заключному етапі використовується методика багатофакторної оптимізації з уведенням коефіцієнтів ваги (значимості) по кожній ознаці і варіанту.

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

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

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

4.4 Метод функціонально-вартісного аналізу технічних об'єктів

В інженерній і винахідницькій практиці технічно розвинутих країн світу, починаючи з 60-х рр. ХІХ ст., одержав поширення новий підхід до зниження вартості і до підвищення якості технічних виробів. Цей підхід отримав назву функціонально-вартісного аналізу (ФВА). Про доцільність і ефективність використання ФВА при проектуванні нових виробів

свідчить статистика багатьох країн світу: на кожен вкладений 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.

Зміст функціонально-вартісного аналізу

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

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

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

Такий підхід змінює 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, розробник з'ясовує: наскільки важливі і необхідні ті або інші функції, які має прототип? 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 нижченаведених поетапно виконуваних видів робіт:

1 Підготовчий етап, на якому проводиться вибір технічного об'єкта, визначається мета і задачі ФВА, формується група розробників 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 та 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 та 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 з творчих і домінуючих етапів роботи, на який затрачається до 50 % часу від сумарного часу на виконання проекту. 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 розробників 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 проекту ТО.

4 Розроблення 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 з їх впровадження.

Функціонально-вартісний аналіз дозволяє оптимізувати конструкцію ТО лише за одним критерієм. У більшості ж життєвих ситуацій вибір і проектування найкращих конструкторсько-технологічних рішень проводиться не за одним, а одночасно за рядом критеріїв. І тут на допомогу розробникові 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.

4.5 Алгоритм вирішення винахідницьких задач Г.С. Альтшуллера

Алгоритм вирішення винахідницьких задач «АРИЗ» 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 одержав широке використання у винахідницькій практиці під назвою «АРИЗ-47». З того часу ним був створений ряд удосконалених і модифікованих версій цього алгоритму, останній з яких має назву «АРИЗ-85 В».

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 з її визначення не може бути однозначних рішень, а їх пошук проводиться з використанням евристичних методів і прийомів, то більш точно «АРИЗ» варто було б назвати евристичним алгоритмом. До того ж усі модифікації «АРИЗ» призначені тільки для одержання загальної стратегії вирішення задачі і не передбачають конструкторсько-технологічне пророблення отриманого рішення.

У найбільш загальному вигляді структура евристичного алгоритму рішення винахідницьких задач Г.С. Альтшуллера наведена на рисунку 4.1.

Кожний з блоків цієї структури являє собою відповідний укрупнений етап дій розробника технічного об'єкта.

Перший початковий етап роботи – це визначення винахідницької ситуації, з'ясування необхідності 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 (**етап 3**). Схема конфлікту, що становить сутність задачі, при цьому гранично

спрощується, а область аналізу звужується до оперативної зони, зміни в якій досить для вирішення задачі.

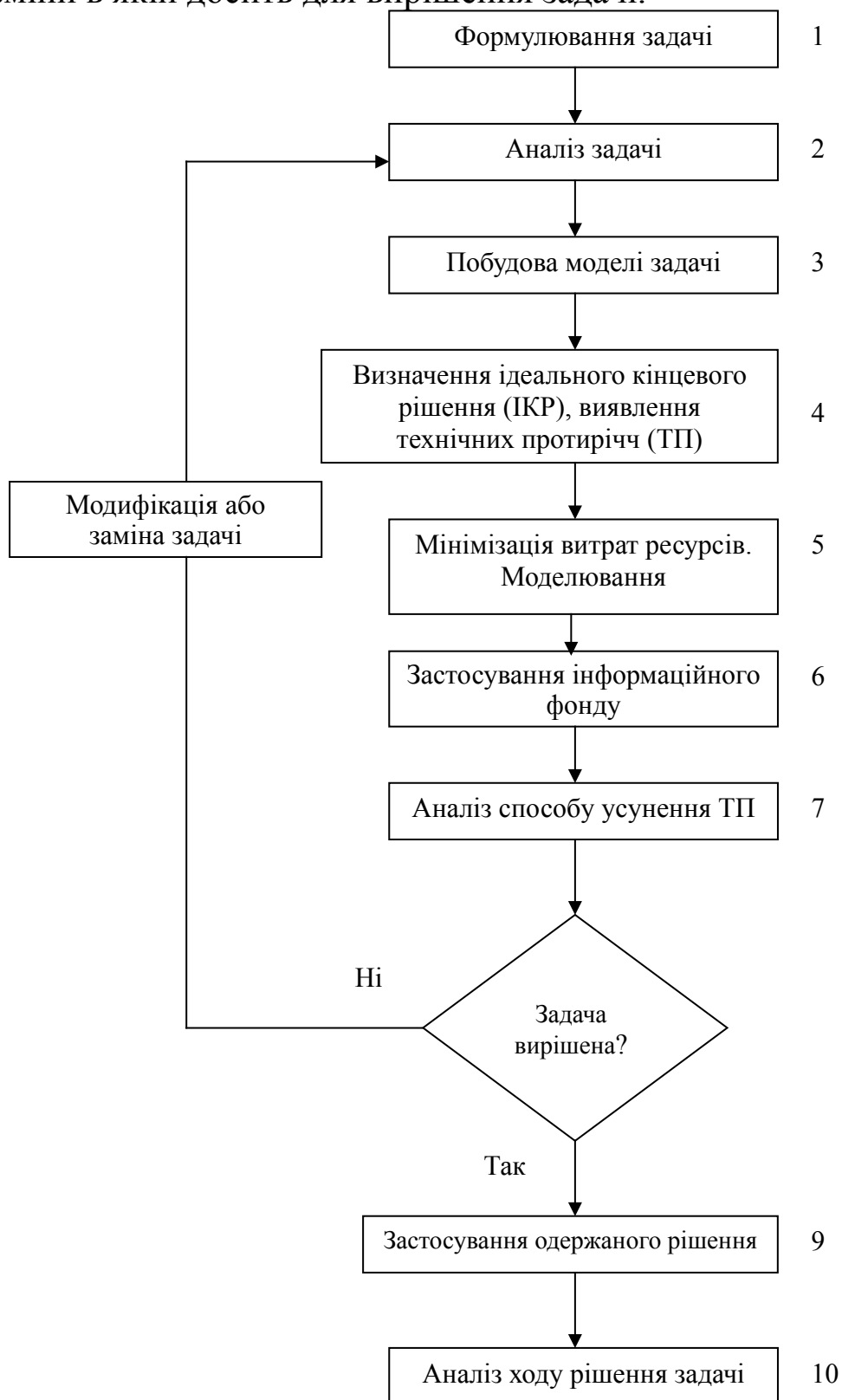


Рисунок 4.1 – Структура алгоритму вирішення
винахідницьких задач Г.С. Альтшуллера

На **четвертому етапі** проводиться формулювання ідеального кінцевого рішення (ІКР), що дозволяє 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 (**етап 6**), що знаходяться в розпорядженні розробника: банки фізичних, хімічних, біологічних і математичних ефектів, типові прийоми усунення технічних протиріч, надсистемні ресурси.

На **7-му 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 (**етап 8**).

На **9-му етапі** проводиться ув'язування синтезованого технічного пристрою з надсистемою, аналіз їх сумісності; виявляються сфери більш широкого застосування отриманого рішення.

На останньому (**10-му**) **етапі** проводиться аналіз і самооцінка процесу вирішення задачі, виявляються траєкторії і причини його відхилення від розглянутого канонічного алгоритму.

При виконанні окремих етапів пошукової роботи точно за алгоритмом кожний з них впливає з попереднього етапу. Однак така логічна послідовність аж ніяк не заважає появі 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 мислєдїяльностї при вирішенні задач методом проб і помилок «АРИЗ» 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 та її вирішення.

5.1 Сутність методу евристичних прийомів

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

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

З давніх часів перед людиною часто виникала така ситуація. Існуючі знаряддя праці, верстат, машина або зброя переставали задовольняти нові вимоги або мали нетерпимі недоліки, які було потрібно виключити. Людина (конструктор) намагалася знайти покращене 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.

Усі ці не дуже систематизовані спроби пошуку покращеного рішення називають методом «**проб і помилок**». На основі цього давнього способу в 40-50-х рр. 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 (винахід способу рішення ТІЗ)

і технічне рішення, яке шукали, отримане за допомогою винайденого способу.

Коли винахідник зустрічається з новою ТІЗ, то в першу чергу намагається її вирішити за допомогою винайденого ним способу. Якщо це 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 вирішення винахідницьких задач. Так поступово в людини формується свій набір способів, і вона з початківця перетворюється в досвідченого винахідника.

Такі способи або правила вирішення ТІЗ називають **евристичними прийомами (ЕП)**, у яких міститься коротке розпорядження або вказівка, «як перетворити» наявний прототип або «у якому напрямку потрібно шукати», щоб одержати шукане рішення. Евристичним прийомом звичайно не містить прямої однозначної вказівки, як перетворити прототип. Якщо ЕП має відношення до розглянутого ТІЗ, то він містить «підказку», що полегшує одержання рішення, яке шукають, однак не гарантує його знаходження. Різним людям потрібно прикласти різні зусилля, щоб додуматися до 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, має сенс збирати, узагальнювати і навчати ним винахідників-початківців. Саме на цих властивостях ґрунтується метод евристичних прийомів, що інтегрує в методично доступній формі досвід багатьох винахідників.

Метод евристичних прийомів розроблений і знайшов значне поширення в СРСР. Відомо біля 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). Цей фонд у скороченій методиці містить описи 180 окремих ЕП, що розділені на 12 груп (таблиця 5.1)

Таблиця 5.1 — Групи евристичних прийомів

Номер групи	Група	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» маються на увазі ручні знаряддя й інструменти, верстати, прилади, машини, апарати, технологічні процеси, комплекси верстатів та приладів і т.д., а також їх деталі, вузли, технологічні операції і т.д. У деяких ЕП поряд з об'єктом має сенс виділяти частини об'єкта, що називають «елементами». До них можуть відноситися деталі, вузли, блоки, агрегати, технологічні операції й інші частини об'єкта.

Наприкінці опису багатьох ЕП з метою скорочення дається ще вказівка «Інверсія прийому», за якою 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, виключити в об'єкті (елементі) отвори і порожнини». У будь-якому

міжгалузевому або спеціалізованому фонді ЕП після опису прийому повинно даватися 2–3 приклади вирішення ТІЗ за допомогою цього ЕП.

Якщо досвідчений конструктор ознайомиться з міжгалузевим фондом ЕП, то в нього може створитися 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 (у порівнянні 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 малопристосованим до конкретної творчої особистості. У зв'язку з цим кожному винахідникові-початківцеві і раціоналізаторові рекомендується працювати над створенням індивідуального фонду ЕП, тобто над створенням свого, більш зручного й ефективного інструмента.

Можна дати такі рекомендації з формування індивідуального фонду ЕП.

1 Вибір з міжгалузевого фонду (додаток. А) найбільш придатних ЕП з урахуванням специфіки вирішуваних задач (галузі техніки, у якій працює винахідник) і своїх симпатій до визначених ЕП.

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

3 Розбирання та аналіз останніх вирішених задач і запатентованих технічних рішень у своїй галузі та

функціонально близьких галузях. Особливу увагу варто звертати на нові зразки техніки на рівні кращих 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 вирішення 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 по своєму класу ТІЗ. Як прототипи в першу чергу рекомендується брати ті технічні рішення, які істотно відрізняються або найбільш перспективні, вироби на рівні кращих світових зразків.

5.3 Постановка задачі та 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 обирання придатних ЕП. Вихідною інформацією для цього є:

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

Виходячи з цієї інформації переглядають у таблиці 5.1 назви груп ЕП і відбирають (в основному інтуїтивно) найбільш придатні. У кожній з цих груп переглядають усі ЕП і обирають також за інтуїцією ті ЕП, які становлять інтерес для задачі, що розглядається.

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

У методі евристичних прийомів не має сенсу давати які-небудь формальні або напівформальні правила вибору найбільш придатних ЕП для конкретної задачі. Якщо дивитися глибше, то вибір ЕП – це в принципі не формалізована процедура. 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 покращених технічних рішень у вигляді короткого опису або (і) спрощеної схеми.

У міжгалузевого фонду ЕП є одна сильна властивість, що називається евристичною надмірністю. Відзначимо 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 множину покращених припустимих технічних рішень. Якщо при цьому не вдається одержати задовільного покращеного рішення, то рекомендується найбільш перспективний зі знайдених варіантів прийняти за прототип і знову повторити його обробку за допомогою придатних ЕП.

4 Множина покращених припустимих технічних рішень отримана тільки з урахуванням головного недоліку або головного протиріччя розвитку. Надалі ці рішення використовуються як прототипи для пошуку нових покращених технічних рішень, що враховують інші недоліки і протиріччя розвитку. У результаті одержують нову множину покращених 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

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 покращених технічних рішень дозволяє обґрунтовано обрати 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 покращених технічних рішень, з якої обрати 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 покращеного технічного рішення, а тільки підвищує можливість одержання такого;
- у різних користувачів цього методу (як і інших евристичних методів) часто виходять різні результати, що у значній мірі залежить від набутих навичок і природних здібностей.

Переваги методу ЕП:

- багато задач можуть бути вирішені незалежно різними ЕП;
- одночасне використання двох і більш ЕП приводить до їх взаємного посилення тобто полегшення знаходження покращеного технічного рішення;
- сила фонду ЕП полягає в системному всебічному охопленні проблеми або задачі;

– багато ЕП можуть бути успішно використані у будь-яких галузях техніки. Вони з часом морально не старіють і виявляються корисними для інших винахідників.

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 Комбінування методів мозкової атаки.

6.1 Виникнення і використання методів мозкової атаки

Методи мозкової атаки (МА) ґрунтуються на такому психологічному ефекті. Якщо взяти групу в 5–8 чоловік і кожному запропонувати незалежно й індивідуально висловлювати ідеї і пропозиції з вирішення поставленої винахідницької або раціоналізаторської задачі, то в сумі можна одержати N ідей. Якщо запропонувати цій групі колективно висловлювати ідеї з цієї ж задачі, то вийде N_k ідей. При цьому виявляється, що N_k набагато більше N .

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 говориться: «99 % ваших конструктивних ідей виникає подібно електричній іскрі при „контакті” з думками інших людей».

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 зазнає аварії або нещастя. У таких екстремальних ситуаціях капітан судна (або той, хто залишився в живих старший за положенням) проводить з усією командою, що

залишилася, нетривалу корабельну нараду, на якій кожний повинен висловлювати свої пропозиції з усунення виниклих ускладнень і небезпек. При цьому дотримувався суворий порядок виступів. Спочатку висловлювалися юнги і молодші матроси, потім старші матроси, а останнім – капітан. 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. Один раз судно під його командуванням везло вантаж у Європу і виявилось без надійної охорони і прикриття. У цей час була отримана радіограма 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 стати вздовж борту, до якого буде наближатися торпеда, дружно дути на торпеду і таким чином «віддути її убік».

Цього разу зустріч з підводними човнами не відбулася. Однак висловлена матросом смішна абсурдна ідея виявилася плідною. Коли судно повернулося на свою базу, А. Осборн за розробленими у дорозі ескізами виготовив вентилятор, що створює могутній 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 вимагає 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, детальністю і глибиною даних);
- на різних етапах вирішення творчої задачі і на різних стадіях розроблення і проектування виробів;
- у поєднанні з іншими евристичними методами.

Універсальність методів МА дозволяє з їх допомогою розглядати майже будь-яку проблему або будь-яке ускладнення у сфері людської діяльності. Це можуть бути також задачі з галузі 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 повинна включати 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 одне, щоб перед сеансом МА була досить вичерпна чітка постановка задачі, бажано в документальному вигляді. **Постановка задачі для МА повинна також відрізнятися стислістю викладення.**

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

Формування творчої групи. Найбільш ефективне число учасників у творчій групі для проведення сеансу МА складає 5– 12 чоловік, хоча припустимо і менше (до 3) і більше число 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 дотримуються правил для учасників сеансу МА;

– тимчасові члени

Тимчасові члени запрошуються в залежності від характеру і змісту майбутньої задачі.

У творчу групу ніколи не включаються природжені скептики і критикани.

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

Рекомендації і з створення творчої групи:

– число фахівців теми задачі, що розглядається, повинно бути не більше половини;

– 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 ніякого відношення до задачі (кухар, лікар, перукар, провідник потяга і т.д.).

Правила для учасників сеансу МА

1 Прагніть висловлювати максимальне число ідей. Віддавайте перевагу кількості, а не якості ідей. Свої ідеї висловлюйте короткими пропозиціями.

2 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! і т.п.)

Заборона критики створює сприятливий творчий мікроклімат.

3 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.

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

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

6 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 приймається до уваги «усе, що прийде в голову». Саме такий стан виявляється найбільш продуктивним, оскільки дозволяє в значній мірі використовувати підсвідомість людини – найбільш могутній апарат творчого мислення.

Обов'язки ведучого у сеансі МА

Успіх і результативність МА в значній мірі залежить від голови наради (ведучого), що здійснює оперативне керування МА. Ведучим найчастіше буває керівник творчої групи. Ведучий повинен керуватися правилами для учасників МА і підтримувати невимушену обстановку і почуття гумору.

Обов'язки ведучого

1 Якщо є новачки у творчій групі, ведучий на самому початку знайомить усіх учасників. Далі повідомляються правила для учасників сеансу МА.

2 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.

3 Ведучий повинен уміти забезпечити дотримання учасниками всіх правил проведення МА, не користуючись при цьому наказами і критичними зауваженнями. Його роль подібна функціям судді на футбольному полі.

4 Ведучий повинен забезпечувати безперервність висловлення ідей, заповнювати паузу захоплювальними репліками.

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

6 Ведучий повинен стежити за регламентом роботи. Говорити, скільки часу залишилося до кінця сеансу. Тактовно зупиняти учасника, що висловлює свою ідею більше півхвилини, 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 з правилами проведення сеансу МА (5–10 хв);
- постановка задачі ведучої з відповідями на питання (10–15 хв);
- проведення МА (20–30 хв);
- перерва (10 хв);
- складання відредагованого списку ідей (30–45 хв).

Приміщення повинне 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;
- увімкнення неголосної фонової музики під час сеансу МА;
- показ натурального зразка, макета або ескіза об'єкта, який потрібно покращити;
- 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.

Запис і оформлення результатів МА

Фіксування ідей, висловлюваних під час сеансу МА, проводиться одним з трьох способів: серед 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 відношенням. 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. Усі отримані **ідеї** бажано **розділити** на три групи: найбільш прийнятні і легко реалізовані для вирішуваної задачі, найбільш ефективні і перспективні, інші.

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

Після ухвалення рішення про оформлення окремих ідей (у вигляді раціоналізаторських пропозицій, заявок на винахід, технічних пропозицій для проектування і .т. д.) уточнюється і визначається список авторів з керівником групи, а потім узгоджується 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.

Висуваються ідеї, що перетворюють раніше висунуті пропозиції в практично застосовувані.

Відібрані найбільш цінні ідеї піддаються подальшому проробленню і розвитку.

Цей етап триває від одного до декількох днів.

6.3 Метод зворотної мозкової атаки

Під час проведення зворотної мозкової атаки виявляють будь-які недоліки, обмеження, дефекти, протиріччя, наявні в конкретній ідеї, розроблюваному 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 з ліквідації недоліків.

Сфера застосування методу. **Зворотна МА** може бути **використана** у таких випадках:

- уточнення постановки винахідницьких і раціоналізаторських задач;

- розроблення технічного завдання або технічної пропозиції;

- експертиза проектно-конструкторської документації на будь-якій стадії розроблення (технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний, технічний або робочий проект, експериментальний або дослідний зразок);

- оцінка ефективності закуповуваних 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

Подвійна МА почала практикуватися 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 ж задачі часто виявляються найбільш цінні практично корисні ідеї або вдалий розвиток ідей першої наради, тобто під час перерви включається в роботу могутній 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 існуючого 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 усунуті або враховані ці недоліки.

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

Мозкова атака з оцінкою ідей

Призначена для вирішення складних конструкторських задач і виконується в три етапи.

Перший етап (перша нарада). Проводять пряму МА. Складений загальний список ідей передається кожному учасникові наради. Кожен учасник одержує завдання індивідуально (незалежно від інших) відібрати із загального списку від трьох до п'яти кращих 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. По кожній ідеї проводиться коротка (5–10 хв) МА з метою: висування ідей з покращення 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 обрати незалежно від інших один або два найкращих варіанти і надати по них ескізи технічного рішення.

Третій етап (третьа нарада). Обговорюються надані ескізи з метою ранжирування їх від кращого до гіршого. 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 по патентно-спроможних технічних рішеннях, а також складання раціоналізаторських пропозицій.

ЛЕКЦІЯ 7

ТЕХНІЧНІ ПРОТИРІЧЧЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

План лекції

7.1 Сутність і природа технічних протиріч.

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

7.1. 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, розробник, конструктор від ідеї задовольнити конкретну потребу до створення модернізованого або нового технічного об'єкта постійно зустрічається з технічними протиріччями, що об'єктивно виникають у процесі удосконалення відомих або створення нових технічних об'єктів (пристроїв, машин, приладів і т.п.).

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

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 розроблення 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.

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 з параметрами навколишнього середовища.

3 Протиріччя між технічним об'єктом і його виготівником 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 приводить до необхідності створення екологічно чистих конструкцій, технічних виробів і технологій їх виготовлення. Незмінно виникає конфлікт у вимогах підвищення якості продукції і зниження ресурсомісткості 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 ні за виконуваними функціями, ні за своїм складом, ні за своєю структурою, формуються й обновляються за своїми законами. У той же час частина стосовно цілого має відносну самостійність у своєму розвитку. Компоненти, що входять до складу конструкції виробу, мають різну інтенсивність обновлюватися. Поєднуючи елементи в єдине конструктивне утворення, структура цілого виконання має велику інерційність у своєму розвитку і відновленні в порівнянні з компонентами, що в неї входять.

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.

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

Типові прийоми – це прийоми, узяті з технічної літератури, з науково-технічних журналів і патентних фондів тих прийомів, які найбільш часто зустрічаються в проектно-конструкторській практиці, розроблені вченими, інженерами, винахідниками. Число таких прийомів нескінченно велике 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 своєю підказкою, що полегшує розробникові вирішення задачі, але аж ніяк не гарантує успіх її вирішення. 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:

- а) прийоми перетворення форми речовини;
- б) прийоми перетворення змісту речовини;
- в) прийоми перетворення енергії;
- г) прийоми перетворення інформації;

д) комплексні енергоінформаційно-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, відкидати іншу.

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

Алгоритмічний підхід до вибору типових прийомів вирішення технічних протиріч передбачає виконання ряду пошукових операцій за заздалегідь розробленим алгоритмом (правилом). Як приклад такого підходу розглянемо алгоритмічний метод, запропонований Г.С. Альтшуллером у версії «АРИЗ - 71». З великого числа 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 покращити, знаходить відповідний стовпчик у таблиці, а також обирає рядок з параметрами, що в інтересах досягнення поставленої мети бажано зберегти на рівні відомого прототипу або навіть знизити в якихось припустимих межах. Тоді на перехрещенні цих рядків таблиці він знайде кілька типових прийомів, один з яких може виявитися ключем до вирішення задачі. Таблиця не рятує користувача від необхідності думати, вона лише направляє його творчу думку в найбільш перспективному напрямку.

Алгоритмічні підходи не одержали широкого застосування як через велику складність складання 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 з жорстких на гнучкі конструкції. У техніці, та й у повсякденному житті, часто застосовується термін «ступінь вільності». Це дуже широке поняття. У механіці під степенями вільності мається на увазі число незалежних одне від одного переміщень якоїсь механічної системи. Число степенів 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 конструкції людського тіла.

2 Застосування нетрадиційних конструкційних матеріалів

Застосування композиційних матеріалів. Композиційні матеріали – це матеріали, що виготовляються з двох або більше вихідних матеріалів. Застосування нових композитів або ж 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 покращеними властивостями. При розробленні конструкцій деяких технічних об'єктів перебороти якісь технічні і фізичні протиріччя й одержати новий ефект з підвищеними властивостями вдається за рахунок застосування новітніх або нетрадиційних матеріалів.

3 Використання нетрадиційних джерел перетворювачів енергії

Біологічні джерела енергії. Уявимо 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, які 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. В останні роки у світі велику увагу почали 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, бо традиційні вуглеводні джерела її дуже забруднюють.

Один з невичерпних і відновлюваних джерел енергії – енергія морської хвилі.

4 Нетрадиційні прийоми одержання і перетворення інформації

Швидкодіючий 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 хв часу. У деяких же випадках потрібно мати більш швидкий результат вимірювання температури тіла.

Один з принципів побудови швидкодіючих вимірників 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 дозволяє 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 з завданням і, у випадку взаємодії відхилень, виробляти рішення, необхідні для того; щоб увести керований об'єкт у необхідний режим.

5 Комплексні (енергоінформаційно-речові) прийоми усунення технічних протиріч.

Незвичайні сфери застосування електродвигунів. Інженери Каліфорнійського університету виготовили електричний моторчик, поперечний переріз якого складає 70 мкм, тобто менше перерізу волосини. Вважають, 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 течію повітря біля поверхні крила, вони зможуть рухати ці лусочки, підлаштовуючи аеродинамічні властивості крила до зустрічних потоків повітря. Це дозволить збільшити економічність польотів літака.

ЛЕКЦІЯ 8

МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

План лекції

8.1 Формулювання теми, мети і задач наукового дослідження.

8.2 Методологія теоретичних досліджень.

8.3 Методологія експериментальних досліджень.

8.1 Формулювання теми, мети і задач наукового дослідження

Важливими складовими, що забезпечують ефективність проведення будь-якого наукового дослідження, є чітке формулювання його теми, мети та задач виконання.

На початковому етапі шляхом критичного аналізу та порівняння з відомими вирішеннями проблеми (наукової задачі) обґрунтовують актуальність та доцільність роботи для розвитку відповідної галузі науки або виробництва. Висвітлення актуальності не повинно бути багатослівним. Досить кількома реченнями висловити головне — сутність проблеми або наукового завдання.

Далі необхідно коротко викласти зв'язок обраного напрямку досліджень з планами організації, де виконана робота, а також з галузевими та державними планами і програмами. Важливо зазначити номер державної реєстрації науково-дослідної роботи. Цей номер є базовим для підготовки та подання до друку (доповіді) результатів проведеної наукової роботи. Особливу увагу заслуговує визначення ролі автора роботи у процесі її виконання. У науковій роботі обов'язково формулюють мету роботи, а також задачі, які необхідно вирішити для досягнення

поставленої мети. Мета та задачі формулюються лаконічно, без зайвих слів.

Об'єкт дослідження – це процес або явище, що створює проблемну ситуацію та обирається для вивчення. Предмет дослідження міститься в межах об'єкта. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження. Саме на нього спрямована основна увага дисертанта, оскільки предмет дослідження визначає тему дисертаційної роботи, яка визначається на титульному аркуші як її назва.

У кожній науковій роботі обов'язково необхідно навести перелік використаних методів дослідження для досягнення поставленої мети. Перераховувати їх треба не відірвано від змісту роботи, а коротко та змістовно визначаючи, що саме досліджувалось тим або іншим методом. Це дасть змогу переконатися в логічності та прийнятності вибору саме цих методів.

Наукова новизна одержаних результатів визначається короткою анотацією нових наукових положень (рішень), запропонованих автором роботи особисто. Необхідно показати відмінність одержаних результатів від відомих раніше, описати ступінь новизни (уперше одержано, удосконалено, дістало подальший розвиток). Кожне наукове положення чітко формулюють, відокремлюючи його основну сутність і зосереджуючи особливу увагу на рівні досягнутої при цьому новизни. Сформульоване наукове положення повинно читатися і сприйматися легко й однозначно (без нагромодження дрібних подробиць, деталей та уточнень).

Відзначаючи практичну цінність одержаних результатів, необхідно подати інформацію щодо готовності до її використання або масштабів використання. У науковій роботі, що має теоретичне значення, треба подати відомості про наукове використання результатів досліджень або рекомендації щодо їх використання, а в роботі, що має прикладне значення – відомості про практичне застосування одержаних результатів або рекомендації щодо їх використання. Необхідно дати короткі відомості щодо впровадження результатів досліджень із зазначенням назв організацій, у яких здійснена реалізація, форм реалізації та реквізитів відповідних документів.

Апробація результатів наукової роботи відбувається на наукових з'їздах, конференціях, симпозіумах, нарадах, де оприлюднюються результати досліджень. Матеріали, що апробовуються на наукових форумах, можуть бути оформлені і як усні доповіді, і як стендові.

8.2 Методологія теоретичних досліджень

Методологічною основою теоретичних досліджень є творчий процес. Творчість полягає у створенні нових цінностей, установленні невідомих науці фактів, створенні досі не бачених, цінних для людства інформаційних даних.

Спростувати існуючі або створити нові наукові гіпотези, надати ґрунтовне глибоке пояснення процесів або явищ, що раніше були незрозумілими або слабо вивченими, зв'язати воедино різноманітні явища, тобто знайти стрижень досліджуваного процесу, науково узагальнити немалу кількість дослідних даних – усе це неможливо без теоретичного і творчого осмислення.

Процедура творчості вимагає удосконалення вже добре відомого рішення. Удосконалювання ж є процесом переконструювання об'єкта мислення в оптимальному напрямку. Коли переробка досягає межі, що визначена поставленою раніше метою, процес оптимізації припиняється, створюється продукт розумової праці. У теоретичному аспекті – це гіпотеза дослідження, тобто наукове передбачення.

За певних умов власне удосконалювання призводить до оригінального теоретичного вирішення тієї чи іншої проблеми. Оригінальність виявляється у своєрідній, неповторній точці зору на певний процес або явище.

При розробленні теоретичних аспектів наукового дослідження творчий характер мислення полягає у створенні нових уявлень. Абсолютно нові уявлення утворюються шляхом комбінування відомих елементів. Такий підхід базується на таких прийомах:

- доборі та узагальненні інформації;
- постійному зіставленні, порівнянні, критичному осмисленні отриманої інформації;

– чіткому формулюванні власних думок, їх письмовому викладі;

– удосконалюванні та оптимізації власних положень.

Послідовність проведення теоретичних досліджень має декілька стадій.

На першому етапі потрібно ретельно ознайомитися з добре відомими та апробованими рішеннями тієї чи іншої конкретної проблеми. На наступному етапі дослідник-теоретик повинен відмовитися від відомих засобів вирішення аналогічних до тих, які він вирішує, задач. Далі впроваджуються різноманітні варіанти вирішення проблеми. І на закінчення – власна оригінальна методика вирішення.

Заздалегідь, за наміченим планом, не завжди вдається провести точно вирішення завдання. Іноді оригінальна процедура зв'язування з'являється «зненацька, раптово», після, здавалося б, безплідних спроб. Тому, чим більшою кількістю відомих (типових, шаблонних) рішень оперує науковець, тим вище ймовірність досягнення ним оригінального вирішення тієї чи іншої проблеми. Вирішення завдання виникають у фахівців із суміжних галузей науки, на яких «не тисне» вантаж відомих рішень. За своєю суттю наслідком творчого процесу є зміна наших звичайних поглядів на загальновідомі явища з позицій абсолютно нового наукового підходу. Чим більше сил, праці, часу витрачає науковий працівник на постійне «осмислення» об'єкта дослідження, тобто, чим глибше науковець захоплений дослідницькою роботою, тим частіше він досягає конкретного результату.

Результат досліджень буває не завжди позитивним (не завжди досягнутою буває остаточна мета дослідження). Але той шлях, що був здоланий фахівцем у процесі вирішення тієї чи іншої проблеми, вже, у певному сенсі, є самим результатом творчого пошуку.

Успішне здійснення теоретичних досліджень залежить не лише від кругозору дослідника, його наполегливості та цілеспрямованості, але й від того, якою мірою він володіє методами дедукції та індукції.

Дедуктивний метод – це такий спосіб дослідження, при якому часткові положення виводяться із загальних. Індуктивний

– це спосіб дослідження, при якому за частковими фактами і явищами устанавлюються загальні принципи і закони. У процесі проведення теоретичних досліджень використовують як індукцію, так і дедукцію. Гіпотеза наукового дослідження, як правило, ґрунтується на відповідності загальним законам діалектики та природознавства (дедуктивний підхід). Водночас гіпотезу формулюють на основі окремих фактів (індукція).

Особливу роль у теоретичних дослідженнях відіграє аналіз та синтез. Аналіз — це такий спосіб 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. Синтез дозволяє узагальнювати поняття, закони, теорії.

Методи аналізу та синтезу взаємно пов'язані. У наукових дослідженнях їх використовують однаково часто. При аналізі явищ і процесів виникає потреба у маніпулюванні великою кількістю фактів (ознак). Тут важливо навчитися та вміти виділяти головне. У цьому випадку може бути застосований спосіб ранжирування, за допомогою якого виключають усе другорядне, що не впливає істотно на аналізоване явище.

Досить часто при проведенні теоретичних досліджень широко застосовується такий спосіб, як абстрагування, тобто нехтування другорядними ознаками (фактами) з метою зосередитися на найважливіших особливостях досліджуваного об'єкта, предмета, явища.

У деяких випадках використовується формальний підхід, сутність якого полягає в тому, що основні теоретичні положення тих чи інших процесів або явищ надаються у вигляді формул з використанням спеціальної формальної (часто математичної) символіки. Застосування символів та інших різноманітних (добре відомих або оригінальних символічних систем) дозволяє встановити певні закономірності між такими фактами, які начебто не пов'язані між собою.

У процесі проведення теоретичних досліджень застосовується як логічний, так і хронологічний (історичний) методи. Логічний метод містить у собі гіпотетичний та аксіоматичний підхід. Гіпотетичний підхід ґрунтується на

розробленні гіпотези, тобто наукового припущення, що містить елементи новизни та оригінальності. Найчастіше на початку проведення наукових досліджень впроваджується розроблення так званої робочої гіпотези (тобто ще ніяким чином не обґрунтованої гіпотези). Як правило, основна вимога до робочої гіпотези – достатньо повніше пояснити явища та процеси, які досліджувалися експериментально та відповідають загальним законам діалектики й природознавства. Такий гіпотетичний підхід широко застосовується і є найбільш поширеним у прикладних науках. Тут гіпотеза складає суть, методологічну основу, теоретичне передбачення, стрижень теоретичних досліджень. Гіпотеза у такому підході є керівною ідеєю власне всього дослідження, вона визначає напрямок і обсяг теоретичних розробок.

Найбільш чітко і повно сформулювати робочу гіпотезу досить важко тому, що від того, яким чином сформульована гіпотеза, залежить ступінь її наближення до остаточного теоретичного вирішення проблематики, тобто трудомісткість та тривалість теоретичних розробок. Успіх залежить від повноти зібраної інформації, глибини її творчого аналізу, цілеспрямованості методичних висновків за результатами аналізу, чітко сформульованих цілей і задач дослідження, досвіду та ерудиції науковця.

На стадії формулювання гіпотези теоретичну частину необхідно розчленувати на окремі більш конкретні, питання, що дозволить спростити їх пророблення. Основою для пророблення кожного питання є теоретичні дослідження, виконані різними авторами. Науковець, базуючись на результатах глибокого професійного та критичного аналізу, а також формулюючи (у разі потреби) свої пропозиції, розвиває існуючі теоретичні уявлення або пропонує нові, що є більш раціональними у теоретичному вирішенні проблеми.

Логічний та хронологічний підходи поєднані між собою тому, що кожне конкретне знання, яке отримане за допомогою логіки, повинно розглядатися в історичному аспекті.

У прикладних науках основним методом теоретичних досліджень є гіпотетичний. Його методологія містить у собі:

– вивчення фізичної, хімічної, економічної та іншої сутності досліджуваного явища за допомогою описаних вище засобів пізнання;

– формулювання гіпотези й упорядкування розрахункової схеми (моделі) дослідження;

– вибір математичного методу дослідження моделі і її вивчення;

– аналіз теоретичних досліджень і розроблення теоретичних положень.

Визначення фізичної, економічної та іншої сутності досліджуваного явища (або процесу) складає основу теоретичних розробок. Результатом такого дослідження повинно бути багатобічне висвітлення суті процесу, яке базується на конкретних законах фізики, хімії, біології, політекономії тощо. Для цього дослідник повинен визначити класичні закони природничих та гуманітарних (суспільних) наук і вміти їх використовувати стосовно до робочої гіпотези наукового дослідження.

Ґрунтом для аксіоматичного методу є очевидні положення (аксіоми), прийняті без доказу. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу. Більш широке розповсюдження такий підхід має у теоретичних науках (наприклад математиці).

Хронологічний (історичний) підхід дозволяє досліджувати виникнення, формування та розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності. Основна мета такого дослідження полягає у виявленні внутрішніх та зовнішніх зв'язків, закономірностей протиріч. Такий метод дослідження використовується переважно у гуманітарних (наприклад, соціальних, суспільних) і, головним чином, в історичних науках. У прикладних науках історичний метод застосовується при вивченні основних етапів розвитку та формування тих або інших галузей науки і техніки.

На початковому етапі визначення сутності тих чи інших процесів (фізичної, економічної тощо) виступають спостереження. Будь-який процес залежить від багатьох чинників. Кожне спостереження або вимірювання фіксує лише деякі чинники. Для того, щоб найбільш повно зрозуміти той чи

інший процес, необхідно провести досить велику кількість спостережень та вимірювань, тобто сформувати певну базу даних.

На наступному етапі необхідно виділити головне, і лише потім провести наукові дослідження певних процесів або явищ, вживаючи сформовану та систематизовану, на першому етапі, інформацію. Систематизація даних дозволяє «згустити їх» у таке абстрактне поняття, як «модель». Під моделлю розуміють штучну систему, що відбиває основні властивості досліджуваного об'єкта – оригіналу. Модель – це відображення у зручній формі численної інформації про досліджуваний об'єкт. Модель знаходиться у певній відповідності до об'єкта дослідження, може замінити його у процесі проведення досліджень.

Процедура моделювання дозволяє вивчати явища за допомогою моделей, і на сьогодні така процедура є однією з основних у сучасних дослідженнях.

Експериментальні методи дозволяють глибоко вивчати ті чи інші процеси в межах певної точності, що визначається технікою експерименту, і сконцентрувати увагу саме на тих параметрах процесу, що складають найбільший інтерес дослідника. Проте результати конкретного експерименту не можуть бути поширені на інший процес, навіть близький за фізичною сутністю, тому що результати будь-якого експерименту відбивають індивідуальні особливості лише досліджуваного процесу. З експерименту ще неможливо остаточно встановити, які з параметрів визначають вирішальний характер процесу і як буде протікати процес, якщо змінювати різноманітні параметри одночасно. У процесі проведення експерименту кожний конкретний процес повинен досліджуватися конкретно, самостійно. У кінцевому підсумку експериментальні методи дозволяють встановити конкретні (а не загальні) залежності між окремими параметрами у конкретно визначених межах. Аналіз параметричних характеристик за тими межами, що визначені експериментально, може призвести до перекручування аналітичних залежностей, грубих помилок.

Імовірно-статистичні методи дослідження (статистика і теорія ймовірностей, дисперсійний та кореляційний аналізи, теорія надійності, метод Монте-Карло та ін.) використовують для вивчення випадкових процесів – дискретних і безперервних.

Ті або інші події можуть відбутися або не відбутися взагалі. У зв'язку з цим необхідно впроваджувати процедуру аналізу випадкових, імовірних та інших зв'язків, де кожному аргументу відповідає множина значень функції. Статистична теорія ймовірностей дозволяє визначити вихід не однієї якоїсь події, а середній результат випадкових подій і тим точніше, чим більша кількість проаналізованих явищ.

Методи теорії ймовірностей і математичної статистики часто застосовують у теорії надійності. Сьогодні ця теорія широко використовується в різноманітних галузях науки і техніки. Основним завданням теорії надійності є прогнозування (з тією або іншою ймовірністю) різноманітних показників. Наприклад, визначення терміну служби того чи іншого приладу або пристрою та ін.

У процесі дослідження складних процесів, що мають імовірний характер подій, застосовують метод Монте-Карло. За допомогою цього методу вирішують широке коло задач, де основна мета полягає у тому, щоб знайти найкраще вирішення проблеми з множини проаналізованих варіантів.

Метод Монте-Карло (метод статистичного моделювання або статистичних випробувань) являє собою числовий метод розв'язання складних задач. Цей метод ґрунтується на використанні випадкових чисел, що моделюють імовірні процеси. Результати розв'язання за цим методом дозволяють встановити емпіричні залежності досліджуваних процесів. Не викликає сумніву той факт, що розв'язання задач за методом Монте-Карло може бути ефективним лише з використанням швидкодіючих ЕОМ.

Методи системного аналізу (дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія керування, теорія множини та ін.) широко розповсюджені останнім часом, що в значній мірі обумовлено розвитком ЕОМ, які забезпечують швидке розв'язання та аналіз складних математичних задач. Під системним аналізом розуміють сукупність прийомів і методів для вивчення складних об'єктів – систем, що являють собою складну сукупність взаємодіючих між собою елементів. Взаємодія елементів системи характеризується прямими і зворотними зв'язками. Сутність системного аналізу полягає в тому, щоб

виявити ці зв'язки і встановити їх вплив на поведінку всієї системи в цілому. Системний аналіз використовують для дослідження таких складних систем, як економіка залізничного або автомобільного транспорту та ін. Найбільш часто використовують цей підхід при вивченні динаміки системи, тобто розвиток цих систем у часі. Методи системного аналізу ефективно зарекомендували себе при плануванні та організації технології виробничих процесів підприємств.

Розроблення теоретичних наукових досліджень базується на таких етапах-розділах: 1) вивчення фізичної, економічної сутності процесу або явища; 2) формулювання гіпотези дослідження, вибір, обґрунтування та розроблення фізичної, математичної, економічної моделі; 3) математизація моделі; 4) аналіз теоретичного рішення та формулювання висновків теоретичного дослідження.

8.3 Методологія експериментальних досліджень

Методологія експерименту визначається його загальною структурою, постановкою та послідовністю виконання певних дій. А саме:

- а) розроблення плану-програми експерименту;
- б) вибір засобів для проведення експерименту;
- в) проведення експерименту;
- г) обробка та аналіз експериментальних даних, висновки.

З метою підвищення точності та зменшення обсягу експериментальних досліджень останнім часом застосовують математичну теорію експерименту. У цьому випадку методологія експерименту складається з таких етапів:

- розроблення плану-програми експерименту;
- оцінка вимірювання і вибір засобів для проведення експерименту;
- математичне планування експерименту з одночасним проведенням експериментального дослідження, обробкою та аналізом отриманих даних.

Але що ж таке експеримент?

Експеримент – це найбільш важлива складова частина наукового дослідження, один з основних способів отримання нових наукових знань. Експеримент – це науковий дослід, або спостереження того чи іншого явища в умовах, які дозволяють стежити за його ходом, керувати ним, відтворювати його результати кожного разу при повторенні конкретних умов. Метою експерименту може бути перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також більш глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Експерименти розподіляють на природні та штучні.

Природні (натуральні) експерименти, головним чином, притаманні вивченню соціальних явищ (соціальний експеримент).

Щодо штучних експериментів, то вони застосовуються, як правило, у природничих науках.

Розрізняють лабораторні та виробничі експериментальні дослідження.

При проведенні лабораторних досліджень застосовують типові прилади, спеціальні моделюючі пристрої, стенди, обладнання, що дозволяє найбільш повно та якісно вивчати вплив одних характеристик на зміну інших.

Список літератури

1 Белый И.В. Основы научных исследований и технического творчества. – Харьков.:Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1989. – 200 с.

2 Чус А.В., Данченко В.М. Основы технического творчества. – К.; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1983. – 184 с.

3 Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов втузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.: ил.

4 Техническое творчество: теория, методология, практика. Энциклопедический словарь: Справочник / Под ред. А.И. Половинкина, В.В. Попова. – М., 1995. – 410 с.

5 Методы исследований и организация экспериментов / Под ред. проф. К.П. Власова. – Харьков: Изд-во «Гуманитарный центр», 2002. – 256 с.

6 Ковальчук В.В., Моїсєєв Л.М. Основи наукових досліджень: Навч. посібник. – 2-ге вид. перероб. і доп. – К.: ВД „Професіонал”, 2004. – 208 с.

Додаток А

МІЖГАЛУЗЕВИЙ ФОНД ЕВРИСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТА

1 Перетворення форми

- 1.1 Використовувати кругову, спіральну, деревоподібну, сферичну або іншу компактную 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 сполучень) до криволінійних, сферичних і обтікаючих форм. Інверсія прийому.
- 1.5 Об'єкту (елементу), що працює під навантаженням, надати опуклу (більш опуклу) форму.
- 1.6 Компенсувати небажану форму складенням з 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 його органів.
- 1.8 Зробити об'єкт (елемент) пристосованим до форми людини або його 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 Обрати конструкцію деталей, найбільш наближену за

формою і розмірами прокату, що випускається, та 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 кращих пропорцій).
- 1.16 Обрати (придумати) найбільш красиву форму об'єкта і його елементів.

2 Перетворення структури

- 2.1 Виключити найбільш напружений (навантажений) елемент.
- 2.2 Виключити елемент при збереженні об'єктом усіх колишніх функцій. Один елемент виконує кілька функцій, завдяки чому відпадає необхідність 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 знаходиться в робочому середовищі або в контакті з ним.
- 2.4 Приєднати до базового об'єкта додаткове спеціалізоване знаряддя праці, інструмент і т.п.
- 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 Обрати 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 Обрати (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 угору; 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 всередині 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. Усі елементи об'єкта повинні 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 один відносно одного. Зробити елементи, що рухаються, нерухомими, а нерухомі – рухомими.
- 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 йому 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 Вилучити зайвий матеріал, що не несе функціонального навантаження.
- 6.5 Змінити поверхневі властивості об'єкта (елемента); 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 подальшим 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 та 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 Обрати матеріали, що забезпечують зниження відходів при виготовленні деталей. Наприклад, перейти від застосування

- деталей, виготовлених обробкою різанням, до деталей з пластмаси (виготовлених формуванням) або металокераміки.
- 6.19 Перейти до безвідходних технологій, наприклад, одержати відходи матеріалів у більш цінному вигляді, що дозволяє використовувати їх для виготовлення інших деталей.
 - 6.20 Здійснити зміцнення матеріалів механічною, термічною, термохімічною, електрофізичною, електрохімічною, лазерною та іншими видами обробки.
 - 6.21 Використовувати матеріали з більш високими питомими зміцненими, електричними, теплофізичними та іншими характеристиками.
 - 6.22 Використовувати армовані, композиційні, пористі та 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 сипучий, рідкий або газоподібний об'єкт на частини.
- 7.3 Зробити елемент знімним, легко відокремлюваним.
- 7.4 Диференціювати привод та інші джерела енергії; наблизити їх до виконавчих органів і робочих зон.
- 7.5 Зробити автономним керування і привод кожного елемента.
- 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 і т.п. кожен частину окремо, а потім виконувати складання.
- 7.8 Розділити об'єкт на частини так, щоб їх можна було замінити при зміні режиму роботи.
- 7.9 Розділити об'єкт на частини: «гарячу» і «холодну»; ізолювати одну від іншої.
- 7.10 Подати об'єкт у вигляді складеної конструкції; виготовити його з окремих елементів і частин.

- 7.11 Додати блокову структуру об'єктові; при якій кожен блок виконує самостійну функцію.
- 7.12 Виділити в об'єкті найбільш потрібний елемент (потрібна 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 число однакових або подібних один до одного елементів (або зробити навпаки). Змінити число 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 і т.п.
- 8.12 Знайти глобально-оптимальні параметри ТО за різними критеріями розвитку.

9 Використання профілактичних заходів

- 9.1 Передбачити прикриття і захист елементів, які легко пошкоджуються. Екранувати об'єкт.
- 9.2 Увести запобіжні пристрої або блокування.
- 9.3 Розділити крихкий і часто пошкоджуваний об'єкт 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 легко використовуваний запас робочих органів або елементів. Передбачити у відповідальних частинах об'єкта дублюючі елементи.
- 9.6 Захистити елемент від повітряного або іншого агресивного середовища.
- 9.7 Заздалегідь надати об'єкту напруження, протилежні неприпустимим або небажаним робочим напругам.
- 9.8 Заздалегідь додати об'єкту зміни, протилежні 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 нову властивість, 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 та 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 Виключити 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 забруднюючих речовин у вигляді сировини і матеріалів.
- 9.22 Здійснити розроблення 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 якогонебудь додаткового позитивного ефекту.
- 10.3 Виключити підбір і підганання (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 Обрати 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 повинні бути змінені 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 і т.п.).
- 11.3 Використовувати як прототип шуканого технічного рішення об'єкт неживої або живої природи, близькі або віддалені галузі техніки.
- 11.4 Застосувати рішення, аналогічне наявному: у ведучій галузі техніки або в минулому технічних об'єктів; у неживій природі; у сучасному або вимерлому живих організмах; в економіці або громадському житті людей; у науково-фантастичній літературі. Відповісти на запитання, як вирішуються 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 та іншими необхідними властивостями аналогічні іншому об'єкту.
- 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 числа оброблюваних поверхонь, неплоских і некругових поверхонь, робочих ходів при обробці.
- 12.2 Обрати форму і конструкцію елементів, що забезпечують застосування найбільш продуктивного технологічного устаткування, пристосувань та інструменту.
- 12.3 Обрати конструкцію деталей вузлів, що забезпечує максимальне сполучення й одночасне виконання операцій обробки і складання.
- 12.4 Знизити або виключити 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 галузь застосування.
- 12.9 Використовувати модульний принцип конструювання, коли з невеликого числа стандартних елементів (універсального набору) можна зібрати будь-який виріб у заданому класі (наприклад, універсально-збірні пристосування, універсальна система елементів промислової пневмоавтоматики).
- 12.10 Максимально використовувати в проєктованому 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 Обрати найбільш доцільне розчленовування об'єкта на блоки, вузли і деталі.
- 12.13 Обрати матеріал, що забезпечує мінімальну трудомісткість виготовлення деталей.

