

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

"Спецкурс з наукових досліджень спеціальності"

для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка"

освітня програма "Автоматизація, мехатроніка та робототехніка"
усіх форм навчання

Частина 1

Конспект лекцій з дисципліни "Спецкурс з наукових досліджень спеціальності" для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" освітня програма "Автоматизація, мехатроніка та робототехніка" усіх форм навчання. Частина 1 / Уклад. : Ірина ПОСПЕСВА, Олександр МАЛИЙ, Запоріжжя : НУЗП, 2024. 175 с.

Укладачі: Ірина ПОСПЕСВА, ст. викл. каф. ІТЕЗ
Олександр МАЛИЙ, к.т.н., зав. каф. ІТЕЗ

Рецензент: Тетяна БУГРОВА, к.т.н., доцент каф. РТТ

Відповідальний за випуск: Олександр МАЛИЙ, к.т.н., зав. каф. ІТЕЗ

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЕЗ
протокол № 1 від 10.09.24 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФІБЕК
протокол № 2 від 19.09.24 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ТЕМА 1. ТРВЗ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ТВОРЧОСТІ У ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	7
1.1 Творчі здібності людини	7
1.2 Фактори, що стримують творчість.....	10
1.3 Суть ТРВЗ та об'єкти її вивчення	13
1.4 Функції та області застосування ТРВЗ	14
1.5 Склад ТРВЗ.....	15
1.6 Контрольні питання до теми 1	29
2 ТЕМА 2. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В ТЕХНІЦІ	30
2.1 Традиційні та системні підходи в дослідженнях технічних систем.....	30
2.2 Людино-машинні системи. Взаємодія техніки та людини	33
2.3 Етапи розвитку технічних систем	35
2.4 Контрольні питання до теми 2.....	42
3 ТЕМА 3. ПРИНЦИПИ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	44
3.1 Підстави для пошуку закономірностей розвитку технічних систем.....	44
3.2 Принципи розвитку технічних систем за О.І. Половінкіним .	45
3.3 Закономірності розвитку технічних систем за Є.Л. Балашовим	46
3.4 Закони розвитку технічних систем за Г.С. Альтшуллером ..	47
3.6 Контрольні питання до теми 3	55
4 ТЕМА 4. ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ ПОШУКУ НОВИХ РІШЕНЬ....	56
4.1 Метод спроб і помилок.....	56
4.2 Мозковий штурм.....	59
4.3 Синектика	66
4.4 Метод маленьких чоловічків	87
4.5 Метод фокального об'єкта.....	92
4.6 Морфологічні методи	95
4.7 Недоліки евристичних методів.....	105
4.8 Контрольні питання до теми 4.....	106
5 ТЕМА 5. ПРОТИРІЧЧЯ У ТЕХНІЦІ. ПРИЙОМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ, ЯКІ МІСТЯТЬ ПРОТИРІЧЧЯ	108
5.1 Основні поняття, пов'язані з протиріччями у техніці.....	108

5.2 Прийоми (принципи) усунення технічних протиріч	112
5.3 Метод вузлового компонента	151
5.4 Прийоми усунення фізичних протиріч	158
5.5 Контрольні питання до теми 5	170
ЛІТЕРАТУРА	173

ВСТУП

Характерною рисою науково-технічного прогресу у XXI столітті є безпрецедентний темп, обумовлений розвитком цифрових і інфокомунікаційних технологій. В усіх галузях науки і техніки стрімко удосконалюються технології, кількість інформації подвоюється кожні п'ятнадцять років.

Такий лавиноподібний процес накопичення інформації та необхідність відповідної інтелектуальної реакції пред'являє дуже високі вимоги до людини. Тому сьогодні дуже актуально стає проблема формування творчо активної особистості, здатної самостійно робити вибір, ставити і реалізовувати цілі, що виходять за рамки, визначені стандартними вимогами, аналізувати виникаючі проблеми і усвідомлено оцінювати свою діяльність.

Один з можливих шляхів вирішення цієї проблеми пов'язаний з засвоєнням творчих методів пошуку нових рішень, інноваційних способів розв'язання суперечностей. Найпотужнішим інструментом для цього виступає теорія розв'язання винахідницьких задач (ТРВЗ). Саме у ТРВЗ-технології пріоритетною метою є розвиток творчості: акцент робиться на вивчення прийомів творчої діяльності, розвиток техніки винахідництва.

Автором ТРВЗ є інженер-винахідник Г.С. Альтшуллер, який почав роботу над створенням цієї теорії наприкінці 40-х років XX століття.

У 1990-х роках ТРВЗ стала відомою за межами колишнього СРСР, в тому числі вона почала застосовуватися деякими міжнародними компаніями, найвідомішою серед яких є компанія Samsung.

Сьогодні ТРВЗ є одним з найбільш розвинених і результативних наборів методів, які питома допомагають у інженерній діяльності, особливо на її початкових етапах. В даний час ці методи широко застосовуються в багатьох країнах: США, Швеції, Франції, Японії, Кореї, Ізраїлі, В'єтнамі, Іспанії, Фінляндії, Канаді та ін.

В найбільших корпораціях світу (Ford, Caterpillar, Procter & Gamble, IBM, Motorola, Renault, SAAB, Peugeot-Citroen, Siemens, Philips, Bourjois-Chanel) знання ТРВЗ сьогодні обов'язкові для будь-якого фахівця, що має відношення до створення інноваційних ідей та рішень. При цьому неважливо, яка задача вирішується – технічна, маркетингова або рекламна, соціальна чи політична, – тому що, володіючи ТРВЗ,

людина володіє універсальним інструментом вирішення проблем. Саме тому елементи ТРВЗ включені в навчальні програми ряду середніх і вищих навчальних закладів України, вивчаються в коледжах і університетах США, Японії, В'єтнаму, Франції та інших країн.

З 2014 року Українська Асоціація ТРВЗ (УА ТРВЗ) входить до складу Міжнародної Асоціації ТРВЗ (МА ТРВЗ).

1 ТЕМА 1. ТРВЗ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ТВОРЧОСТІ У ДОСЛІДНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Творчі здібності людини

Якщо новий розроблюваний виріб не містить істотної новизни в порівнянні з існуючими виробами того ж функціонального призначення, це означає, що розроблювачі підійшли до створення цього виробу не творчо. Нетворчий підхід до виконуваної роботи є найчастіше джерелом багатьох помилок, причому найголовніша полягає в тому, що такі вироби часто не користуються попитом у споживача, їх моральне старіння настає дуже швидко, а багато нових розробок відправляються "на полиці", так і не дійшовши до серійного виробництва.

Щоб уникнути цього негативного явища, необхідно збільшити швидкість наростання нових технічних рішень. Якщо порівняно недавно принципово нові рішення з'являлися раз у десять, п'ятнадцять років, і були вони наслідком здогадів, прозрінь окремих творчих особистостей, то сучасне життя диктує нові умови праці інженера, воно формує замовлення на масову творчість усіх людей, причетних до створення техніки.

Творчі здібності притаманні будь-якій людині, потрібно лише зуміти розкрити їх і розвинути [1]. Розглянемо деякі з них.

1.1.1 Зіркість у пошуках проблем. З усього розмаїття інформації, що надходить із зовнішнього світу, людина звичайно сприймає лише ту, яка укладається в сформовану систему знань і уявлень, іншу інформацію несвідомо відкидає.

На сприйняття впливають звичні ставлення, оцінки, почуття, а також прихильність до загальноприйнятих поглядів і думок. Ми часто бачимо щось саме таким не тому, що воно таке, а тому, що ми знаємо, яким воно повинно бути.

1.1.2 Здатність до згортання розумових операцій. Людина має здатність до згортання довгого ланцюга міркувань і заміні їх однією узагальнюючою операцією. Заміна декількох понять одним більш емним, більш абстрактним, є ефективним засобом згортання інформації. Організація і символізація матеріалу дозволяють згортати в емні блоки величезну кількість інформації. Наприклад, надзвичайно інформативними є такі поняття як "технологічність", "надійність" і т.

ін. Чітке і стиснене символічне позначення, лаконічна форма викладання розробленої теорії вимагають нестандартного мислення і носять творчий характер.

1.1.3 Здатність до переносу досвіду. Це – уміння застосувати навички, придбані при розв'язанні однієї задачі, до рішення іншої, а також здатність до вироблення узагальнюючих стратегій і уміння бачити аналогії.

1.1.4 "Бічне мислення". Широкий розподіл уваги підвищує шанси на вирішення проблеми. "Щоб діяти – треба думати біля", – писав французький психолог Сур'є у своїй роботі "Проблеми рішення задач у науці і техніці". Для творчої особистості характерна здатність зміщати акцент уваги в незвичайному напрямку, а також гостра спостережливість, уміння помітити те, повз що сотні і тисячі людей проходять без уваги, здатність охоплювати зв'язки речей і робити відкриття за допомогою ледь вловимих аналогій.

1.1.5 Цілісність сприйняття. Це – здатність сприймати дійсність цілком, не дроблячи її (на відміну від сприйняття дрібними, незалежними порціями). Цілісне сприйняття – одна з фундаментальних властивостей мозку.

1.1.6 Зближення понять. Вона висловлюється у легкості асоціювання і віддаленості асоціюємих понять. Ця здатність виявляється, наприклад, у синтезі гострот.

1.1.7 Готовність пам'яті. Коли людина вирішує проблему, вона може розраховувати лише на ту інформацію, що у даний момент сприймає і яку зуміє витягти з пам'яті. Перевагу при розв'язанні задач одержує не той, у кого багатше ерудиція, а той, хто швидше витягне з пам'яті необхідну інформацію. Готовність пам'яті "видати" потрібну інформацію в потрібний момент – один з компонентів кмітливості. Інтуїтивні миттєві розв'язання задачі можливі тому, що є велика кількість асоціативних зв'язків, що забезпечують швидкий доступ до потрібної інформації.

1.1.8 Гнучкість мислення. Це – здатність швидко і легко переходити від одного класу явищ до іншого, далекого за змістом. Відсутність її називається інертністю, ригідністю, окостеністю і навіть застійністю мислення. Гнучкість мислення виявляє себе й у здатності вчасно відмовитися від скомпрометованої гіпотези. Якщо занадто довго впертися, виходячи з привабливої, але помилкової ідеї, буде упущений час. А занадто раннє відмовлення від гіпотези може

привести до того, що буде упущена можливість вирішення. Один із проявів гнучкості мислення – здатність до подолання функціональної фіксованості. Усі предмети, об'єкти, якими користується людина, виконують якусь функцію, для чогось певного призначені. Під функцією об'єкта розуміють його властивість чи дію в даній системі відносин. В іншій же системі відносин функція того ж самого об'єкта може бути зовсім іншою.

1.1.9 Здатність до оцінки. Це – уміння вибирати одну з багатьох альтернатив до її перевірки. Оцінку бажано проводити не тільки з завершенням роботи, але і багаторазово продовж її. Серед критеріїв оцінки, крім логічної несуперечності і відповідності раніше накопиченому досвіду, слід зазначити критерії простоти, естетичні і ергономічні критерії.

1.1.10 Здатність до "зчеплення" і "антизчеплення". Людині притамана здатність швидко погоджувати нові відомості з колишніми знаннями і досвідом, без чого сприймана інформація не перетворюється в знання, не стає частиною інтелекту. Здатність поєднувати знов сприймані відомості з тим, що було відоме раніше, групувати дані тим чи іншим способом вже в процесі сприйняття – умова і передумова здатності до генерування ідей. Здатність до зчеплення важлива і необхідна, але вона повинна бути урівноважена здатністю перебороти зчеплення, відірвати факт, що спостерігається, від звичних асоціацій. Тому, не менш цінна і здатність до "антизчеплення", що дозволяє позбутися впливу "попереднього знання", протистояти "забарвленню" сприйняття раніше накопиченими знаннями. Прагнення до "чистого" спостереження (бачити речі такими, які вони є), до "антизчеплення" – цінна якість інженера, однак цілком відокремити сприйняття від його тлумачення не вдається нікому.

1.1.11 Легкість генерування ідей. Однією з важливих складових творчої обдарованості особистості є легкість генерування ідей. Не обов'язково, щоб кожна ідея була правильною: чим більше ідей висуває людина, тим більша імовірність, що серед них будуть корисні ідеї. Найбільш плідні ідеї включають у себе нові, ще не відкриті явища. Ідеї можна класифікувати за їхньою широтою (здатністю охопити і пояснити велику кількість різномірних фактів), глибиною і фундаментальністю. Глибокою вважають таку ідею, що встановлює стосунки між об'єктами чи їх окремими властивостями, що не лежать на поверхні, не явними, а потребуючими для свого виявлення

проникливості і поглиблення в сутність явищ. Подібні ідеї, як правило, виявляються фундаментальними, тобто служать фундаментом для теорій, дослідження, для генерування інших ідей.

1.1.12 Здатність передбачення. Однією з найважливіших функцій мозку є його здатність передбачення розвитку подій. Мозок людини не тільки оцінює інформацію, що надходить із зовнішнього світу, зіставляючи її з колишніми досвідом і знаннями, але і прагне угадати, як будуть розвиватися події далі, щоб заздалегідь виробити необхідну стратегію поведінки.

1.1.13 Швидкість мови. Легкість формулювання необхідна, щоб висловити думку. Її можна виразити й іншим кодом: формулою, графіком, ескізом. Конструктор мислить образами, які він "матеріалізує" у вигляді розрахунків, ескізів, креслень, графіків, схем і т. ін.

1.1.14 Здатність до доробки. Це не просто наполегливість, зібраність і вольовий настрій на завершення початого, а саме здатність до доробки деталей, первісного задуму.

1.2 Фактори, що стримують творчість

Творчість генетично закладена в людині, але не усі люди є творцями [1]. Проаналізуємо деякі фактори, що гальмують творчість.

1.2.1 Недоліки освіти

Наш мозок складається з двох півкуль, одна відповідає за логіко-мовне мислення, інша реалізує мислення на рівні почуттєвих образів, упізнавання ситуації, і з нею зв'язані здогади, ідеї, гіпотези, інтуїція і т. ін. Усе наше виховання і навчання спрямовані на розвиток логічного, раціонального, аналітичного мислення і свідоме чи несвідоме гальмування творчого, образного мислення.

До недоліків нашої середньої і вищої освіти відноситься також і те, що вона в переважній більшості випадків інформативна, дає великий обсяг інформації, але ця інформація вже оброблена, згорнута, часом не потрібно ніякої праці, щоб здобути її, потрібно лише її запам'ятати. Це викликає, з одного боку, споживче ставлення, а з іншого боку – сліпу віру в цю інформацію, у догму, у її непогрішність. Врешті-решт це веде до гальмування творчого мислення.

Якщо спеціаліст зіштовхується з проблемою, яка, на перший погляд, не має рішення, або воно настільки розпливчасте, що навіть

невідомо, у якій області його шукати, у пригоді стає широка ерудиція, великий багаж знань у різних галузях, вміння швидко визначити потрібний напрямок пошуку.

Як приклад, розглянемо ситуацію, що була описана академіком П. Капіцею [2].

Дозвольте... навести одну історію, яка відбулася у Англії. Справа відбувалася на одному заводі, де був побудований спеціальний тип повітродувки. Завод ніяк не міг пустити її в хід. Інженери довго билися над нею, цехи стояли, а повітродувка не працювала. Зрештою, директор заводу вирішив, що треба вдатися до сил ззовні, та запросив на консультацію крупного фахівця...

Професор приїхав, подивився на машину, попросив молоток або кувалду і кілька разів ударив по корпусу машини. Якісь частини всередині, мабуть, зрушили, прийшли на місце, і машина запрацювала. Цехи пішли у хід, завод ожив. Професор повернувся додому і за англійським звичаєм надіслав директору заводу рахунок... на 100 фунтів стерлінгів – у ті роки це була чимала сума. Директор засмутився і обурився. "Що ж це таке – приїхала людина, двічі-тричі вдарила молотком і поїхала, а я за це маю платити 100 фунтів! Треба збити пиху з цього професора", – вирішив він і послав ученому листа, в якому в делікатній формі просив дати більш точну розцінку його праці. На це він отримав таку відповідь: "За приїзд на завод і удар молотком, – писав професор, – мені належить 1 фунт стерлінгів, а за те, що я знав, куди вдарити молотком, – мені слід заплатити решту 99 фунтів".

1.2.2 Шаблонність мислення

Якщо виникає задача й об'єктивно існують кілька способів її вирішення, то мозок зазвичай пропонує найбільш досяжний варіант рішення, який є найчастіше найбільш шаблонним і блокує всі інші варіанти рішення. Шаблонному мисленню властиві обмеження, що роблять його неефективним для відшукування нових ідей.

Надмірна спеціалізація. На кількість і якість нових ідей може негативно вплинути вантаж великих знань і досвіду в даній області (див. рис. 1.1).

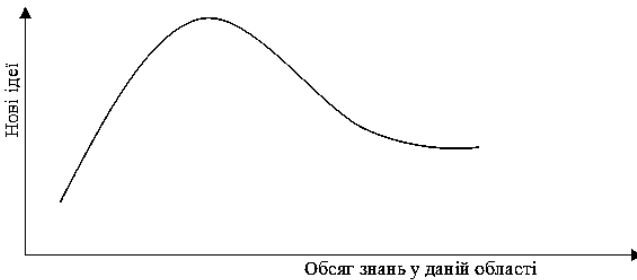


Рисунок 1.1 – Залежність кількості нових ідей від наявних знань у даній області [3]

Коли знання про об'єкт чи процес цілком відсутні, то появи нових ідей очікувати не можна, однак при накопиченні таких знань кількість нових ідей зростає. Але при досягненні деякого максимуму помічається спад виникнення нових ідей. Цей феномен пояснюється тим, що чим більше фахівець знає в даній області, тим більше вантаж наявних знань і колишнього досвіду блокує потік нових ідей. Вузька спеціалізація фахівців часто заважає їм вільно орієнтуватися в проблемах і задачах своєї ж галузі, позбавляє широти поглядів на факти і явища, не дозволяє відірватися від сформованих понять і вирішити поставлену задачу новим способом.

Щоб уникнути цього небажаного явища, у деяких випадках доцільно згодом змінювати сфери виробничих і наукових інтересів і напрямків робіт.

Ось, що писав про роль дилетантів у винахідництві режисер театру ляльок С.В. Образцов:

"Мій батько, незважаючи на те, що був академіком, казав мені, що нове і в науці, і мистецтві найчастіше відкривають любителі, тому що у нового немає професії. Спеціаліст з паровозів навряд чи винайде електровоз. Він весь час буде покращувати окремі частини парового двигуна, а любитель здогадається встромити електромотор... Загалом, професіонал, який виріс із аматорства, найчастіше новатор" [4].

А ось думка інженера, популяризатора творчої думки П.К. Енгельмейера:

"Дилетантизм має один добрий бік і один поганий. Добра його сторона, тобто сила дилетантизму, полягає в тому, що його думки

вільні для нових комбінацій, не будучи заздалегідь паралізовані традицією школи. А слабкість дилетантизму позначається в поганому відстоюванні своїх ідей, оскільки йому не вистачає тієї ерудиції, яка необхідна для міцного обґрунтування ідей" [5].

Як не парадоксально, але основи більшості наук були закладені дилетантами: мікробіологія – галантерейник Антоні Ван Левенгук (конструктор першого мікроскопа); теплотехніка – лікарі Р. Мейєр та Г. Гельмгольц, пивовар Д. Джоуль; математика – юристи П. Ферма та Г. Лейбніц, біолог Л. Ейлер, лікар Д'Аламбер, циркульник С. Пуассон, військовий Р. Декарт; астрономія – юрист Е. Хаббл (автор теорії розбігання галактик), фізика – лінгвіст Ч. Таунс (один із авторів лазера), кібернетика – лікар Р. Ешбі тощо.

1.2.3 Побування критики, вплив авторитетів

У деяких випадках появі нових ідей перешкоджає прийнята в суспільстві парадигма (наукова теорія, втілена в систему понять; вихідна концептуальна схема, модель постановки проблем і їх рішення, методів дослідження, що панують протягом певного періоду часу), а також висловлення і твердження авторитетних учених і видатних фахівців.

Спостерігається один із самих різючих парадоксів: людство має потребу в нових ідеях, нових знаннях, що служать джерелом його розвитку і могутності, але разом з тим окремі представники суспільства активно протидіють новому, перешкоджають йому, і причини тут найчастіше не тільки в рутині і відсталості. Вони можуть бути найрізноманітнішими: здоровий скептицизм, боротьба старого з новим, бажання уникнути зайвих проблем і додаткової роботи, утрата статусу, страх перед невдачею тощо.

Серед інших факторів, що гальмують творчість людини, можна назвати просту людську ліню, а також заздрість навколишніх і колег. Хоча іноді заздрість може стати стимулом творчих зусиль, бажанням і самому бути не гірше.

1.3 Суть ТРВЗ та об'єкти її вивчення

Для того, щоб творчі здібності дозволили домогтися успіху, необхідні бажання, воля, наполеглива праця, а також допоміжні засоби – методи та методики, спрямовані на стимулювання творчих здібностей і усунення можливих перешкод.

Одним із найефективніших інструментаріїв для цього виступає ТРВЗ.

ТРВЗ – наука, що вивчає об'єктивні закономірності розвитку технічних систем. Вона розробляє практичні методи і прийоми розв'язання винахідницьких завдань (технічних проблем) з метою підвищення якості систем і дає правила організації творчого мислення [6].

Ідея ТРВЗ полягає в тому, що різні технічні задачі іноді вирішуються одними і тими ж методами.

Основу ТРВЗ складають 40 загальних винахідницьких прийомів, 76 стандартних шаблонів рішень і кілька інших ідей.

Для рішення конкретної задачі її слід привести до узагальненого виду, спочатку переформулювавши таким чином, щоб саме формулювання відкидало безперспективні та неефективні шляхи вирішення.

Після цього формулюється та аналізується стандартна міні-задача, внаслідок чого виявляється присутнє у ній протиріччя.

Узагальнену міні-задачу слід вирішити відповідним загальним методом, після чого повернутися до конкретної первинної задачі і застосувати знайдене рішення до неї.

Теорія розв'язання винахідницьких задач базується на основі ретельного вивчення й аналізу сотень тисяч винаходів, і усі її рекомендації, правила, висновки і алгоритми є відображенням наукової і технічної діяльності людей, їхньої творчої думки.

Як було вказано вище, вона виникла у колишньому СРСР у 40-ті роки ХХ століття, та з того часу постійно розвивається: розробляються нові та удосконалюються вже існуючі методи, поповнюється інформаційна база тощо.

1.4 Функції та області застосування ТРВЗ

Основні функції та області застосування ТРВЗ:

- розв'язання творчих і винахідницьких задач будь-якої складності у всіх сферах діяльності людини без перебирання варіантів;
- прогнозування розвитку штучних і технічних систем і отримання перспективних рішень (в тому числі і принципово нових);

– пробудження, тренування і грамотне використання природних здібностей людини у винахідницькій діяльності (перш за все образної уяви і системного мислення);

– розвиток творчих якостей особистості [6] – [8].

Допоміжні функції ТРВЗ:

– розв'язання наукових і дослідницьких задач;
– виявлення проблем, труднощів і задач при роботі з технічними системами при їх розвитку;

– виявлення причин браку і аварійних ситуацій;

– максимально ефективне використання ресурсів природи і техніки для вирішення проблем;

– об'єктивна оцінка рішень;

– систематизування знань будь-яких областей діяльності, що дозволяє значно ефективніше використовувати ці знання і на принципово новій основі розвивати конкретні науки;

– розвиток творчої уяви і мислення;

– удосконалення колективів у напрямку до їх ідеалу [6] – [8].

1.5 Склад ТРВЗ

ТРВЗ містить у собі декілька складових, серед яких:

– закони розвитку технічних систем (ТС);

– інформаційний фонд ТРВЗ;

– методи розвитку творчої уяви;

– алгоритми розв'язання винахідницьких задач (АРВЗ);

– вепольний аналіз (структурний матеріально-польовий аналіз)

ТС;

– метод виявлення і прогнозування аварійних ситуацій і небажаних явищ;

– методи системного аналізу і синтезу;

– функціонально-вартісний аналіз;

– теорія розвитку творчої особистості;

– теорія розвитку творчих колективів [6] – [8].

В свою чергу *інформаційний фонд ТРВЗ* складається з:

- прийомів усунення протиріч та таблиці їх застосування;
- системи стандартів на розв'язання винахідницьких завдань (типів рішення певного класу задач);
- технологічних ефектів (фізичних, хімічних, біологічних, математичних, зокрема, найбільш розроблених із них нині — геометричних) та таблиці їх використання;
- ресурсів природи та техніки та способів їх використання.

1.5.1 Система прийомів ТРВЗ

Система прийомів ТРВЗ включає список із 40 основних прийомів усунення технічних протиріч. Робота зі складання списку таких прийомів була розпочата Г. С. Альтшуллером ще на ранніх етапах становлення ТРВЗ. Ці прийоми показують лише напрямок і область, де можуть бути сильні рішення, конкретний варіант рішення вони не видають, залишаючи цю роботу людині [6] – [8].

Детальніше прийоми усунення технічних протиріч будуть розглянуті у розділі 5.

1.5.2 Стандарти на розв'язання винахідницьких задач

Стандарти на розв'язання винахідницьких задач являють собою комплекс прийомів, які використовують фізичні або інші ефекти для усунення протиріч або їхній обхід. Це свого роду формули, за якими вирішуються завдання. Для опису структури цих прийомів Альтшуллером був створений речовино-польовий (вепольний) аналіз [6] – [8].

Система стандартів складається з класів, підкласів та конкретних стандартів. Вона включає в себе 76 стандартів. За допомогою цієї системи пропонується не тільки вирішувати, але і виявляти нові завдання і прогнозувати розвиток технічних систем. Основні класи стандартів:

- стандарти на зміну систем;
- стандарти на виявлення та вимірювання систем;
- стандарти на застосування стандартів.

Детальніше стандарти на розв'язання винахідницьких задач будуть розглянуті у розділі 6.

1.5.3 Технологічні ефекти

Технологічні ефекти – це перетворення одних технологічних впливів на інші, які можуть вимагати залучення інших ефектів – фізичних, хімічних тощо [8], [9].

1.5.3.1 Фізичні ефекти

Згідно з Альтшуллером налічується близько п'яти тисяч фізичних ефектів та явищ. У різних сферах техніки можуть застосовуватися різні групи фізичних ефектів, але є і загальноживані. Їх за Альтшуллером приблизно від 300 до 500 [8].

Наприклад, *ефект Пельтьє* полягає у тому, що виділення чи поглинання теплоти відбувається при пропусканні електричного струму через контакт (спай) двох різних провідників (див. рис. 1.2).

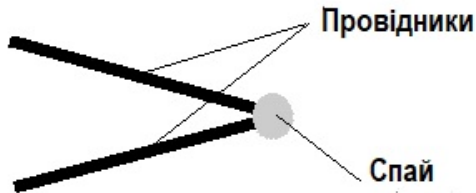


Рисунок 1.2 – Ілюстрація ефекту Пельтьє

Виділення теплоти змінюється поглинанням у разі зміни напрямку струму. При цьому кількість теплоти пропорційна струму, що проходить через спай.

Існує багато винаходів, що реалізують застосування цього ефекту [8], [9].

Приклад 1.1 Ефект Пельтьє

Використання ефекту Пельтьє у охолоджувачах напівпровідникових приладів (див. рис. 1.3).

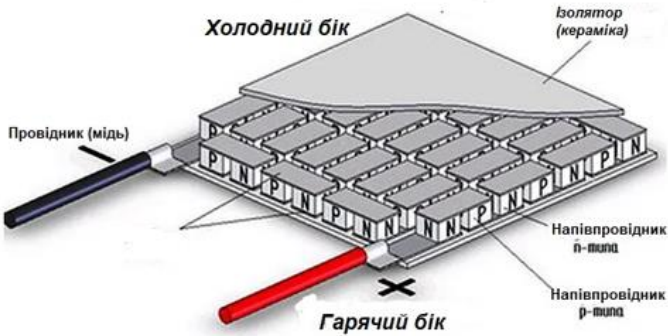


Рисунок 1.3 – Конструкція термоелектричного охолоджувача напівпровідникових приладів на елементах Пельтьє

Приклад 1.2 Теплова труба

Для охолодження радіоелектронних пристроїв та комп'ютерної техніки останнім часом використовуються також так звані "теплові труби".

Класична теплова труба, конструкція якої наведена на рис. 1.4, являє собою, як правило, тонкостінну металеву судину (1), внутрішні стінки якої покриті капілярно-пористим матеріалом (гнітом) (2).

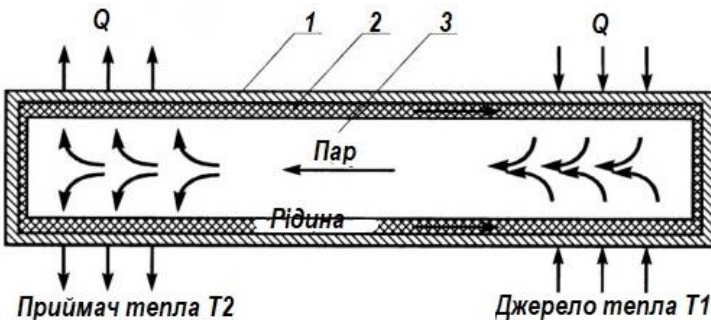


Рисунок 1.4 – Будова теплової труби

Гніт має малу товщину і просочений робочою рідиною. Внутрішній об'єм (3) заповнений парами цієї рідини.

Якщо один кінець теплової труби підключити до джерела тепла з температурою T_1 , а інший – до приймача тепла з

температурою T_2 (меншою, ніж T_1), то теплова труба буде передавати тепло в багато разів більше (швидше), ніж суцільний стрижень, виготовлений із самих теплопровідних матеріалів. На одному кінці труби джерело тепла переводить рідину в пару, споживаючи при цьому велику кількість тепла (теплота пароутворення зазвичай дуже велика). Гаряча пара переміщується вздовж трубки і конденсується на іншому кінці труби, вивільняючи тепло, витрачене раніше на перехід рідини в пару та віддаючи його приймачеві тепла. За рахунок капілярного ефекту охолоджена рідина знову переміщується до нагрітого кінця труби. Такі цикли повторюються багато разів.

У теплових трубках, призначених для охолодження ноутбуків, принцип дії децю відрізняється. На одному кінці трубки (випарювач) робоча рідина випаровується, поглинаючи теплову енергію. Пара переміщується вздовж порожнини у протилежний кінець трубки (конденсатор) з нижчою температурою, де конденсується назад у рідину, віддаючи перенесену теплову енергію, після чого робоча рідина за гнітом тече назад до випарника з високою температурою.

У якості робочої рідини використовується метанол, а капілярно-пориста структура (гніт) являє собою криві прецизійні канавки глибиною 60 мкм у стінках труби. Ці канавки виготовляють методами фотолітографії.

Приклад 1.3 Ефект пам'яті

Ще одним цікавим фізичним ефектом, який дозволяє розв'язувати досить складні інженерні задачі, є **ефект пам'яті форми**, який полягає у тому, що певному матеріалу надають необхідної форми за певної температури. Потім форму можна довільно змінити, але при підвищенні температури до значення, при якому матеріалу було надано початкову форму, вона "згадується".

Ефект пам'яті форми притаманний багатьом матеріалам, сплавам металів, наприклад, сплаву титану і нікелю (нітинолу), і навіть пластмасам. Є матеріали, які можуть повертатися до первісної форми багато разів. Такі матеріали мають ефект оборотної пам'яті форми.

1.5.3.2 Хімічні ефекти

За Альтшуллером хімічні ефекти – це підклас фізичних ефектів, у якому змінюється лише молекулярна структура речовин, а набір полів обмежений переважно полями концентрації, швидкості і тепла [8], [9].

За своїми потенційними можливостями хімічні ефекти дуже різноманітні, а кількісно перевищують фізичні. Їхнє використання дозволяє отримувати потрібний результат простіше, більш ідеально, ніж за допомогою фізичних ефектів, тим самим прискорюючи пошук прийняттого рішення.

Приклад 1.4 Ліквідація тріщин в трубах

Якщо в трубі є тріщина, зазвичай спочатку визначають, де вона знаходиться, а потім її закладають. Хімічні процеси дозволяють ліквідувати тріщину без пошуку місця розташування.

Ідеальний процес визначення тріщини – це процес, якого немає, а його функції виконуються. Цей процес потрібен тільки для того, щоб знати, де закладати тріщину. На зовнішню поверхню труби наносять розчин солі металу, а всередині труби пропускають газоподібний аміак (див. рис. 1.5). Газ просочується крізь будь-яку, навіть дуже малу тріщину. У тріщині газ з'єднується із розчином солі, відбувається реакція та утворюється тверде з'єднання, яке саме закладає тріщину.

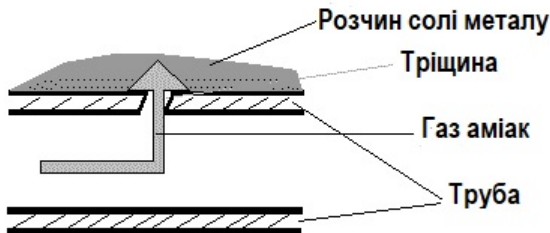


Рисунок 1.5 – Визначення та закладання тріщини у трубі за допомогою хімічного ефекту

1.5.3.3 Біологічні ефекти

Біологічні ефекти – це ефекти, що виробляються біологічними об'єктами (тваринами, рослинами, мікробами тощо). Застосування біологічних ефектів у техніці дозволяє як розширити можливості технічних систем, так і отримувати результати, не завдаючи шкоди природі. За допомогою біологічних ефектів можна виконувати різні

операції: виявлення, перетворення, генерування, поглинання речовини та поля та інші операції [8], [9].

Приклад 1.5 Визначення чистоти води

У Японії запроваджено біологічні стандарти на воду. Для озер, наприклад, є чотири стандарти, індикаторами яких є риби. Найчистішому рівню відповідає форель: вона не може жити у брудній воді. А короп, навпаки, живе тільки в брудній воді і, якщо він з'явився там, де раніше не мешкав, вода переходить у розряд найбруднішої. Цьому четвертому рівню відповідає біологічний індикатор "короп".

Приклад 1.6 Видобуток корисних речовин за допомогою рослин

Деякі цитрусові дерева, відчуваючи нестачу хімічних елементів, здатні замінювати їх іншими елементами та відновлювати таким чином рівновагу в обміні речовин. Наприклад, при нестачі калію ці рослини в першу чергу починають накопичувати золото, а при його відсутності – срібло і свинець. Нестача магнію змушує їх витягувати уран. Достатньо засадити потрібну ділянку відповідними деревами, а потім збирати плоди та спалювати їх у спеціальних печах.

Приклад 1.7 Видобуток міді за допомогою бактерій

У бідних металургійних виробках у спеціальних відстійниках розводиться величезна колонія тіонових бактерій, які переводять мідь у розчин. Розчин, насичений бактеріями, закачують у пробурені свердловини, піднімають на поверхню та за допомогою простої хімічної обробки отримують з нього чисту мідь. Аналогічно використовують серобактерії, залізобактерії. За допомогою літотрофних бактерій у США отримують 10% від загальної кількості всієї міді, що виробляється в країні.

Крім видобування корисних копалин мікроорганізми використовуються для знищення бур'янів, очищення стічних вод і т. ін. Зазвичай, застосування біологічних ефектів дозволяє створити екологічно чисті технології.

Приклад 1.8 Одяг, що самоочищається

Ідея одягу, що самоочищається, запозичена у природи. Американськими вченими з університету Клемсона (Південна Кароліна) розроблено особливе водонепроникне покриття, яке не дозволяє частинкам бруду акумулюватися на його поверхні. На ідею

створення самоочищувального матеріалу нашттовхнула квітка лотоса. Відомо, що поверхня цієї рослини здатна відштовхувати бруд і воду. Така особливість цих квітів пояснюється наявністю незліченної множини мініатюрних виступів на поверхні листя, покритого водостійкою (гідрофобною) речовиною. Тому вода по них не розтікається, а скочується крапельками, несучи з собою пил та частинки ґрунту. Вчені спробували відтворити таку структуру. У новому покритті використовувалися срібні наночастинки завтовшки в одну тисячну діаметру людського волосся. Ці частинки створюють у тонкому полімерному покритті, що накладається на тканину, міні-виступи. При дії води на тканину з "чарівним" покриттям частинки бруду видаляються значно легше. Таке покриття не так просто видалити, а наноситися воно може на будь-які тканини [10].

Приклад 1.9 Обшивка космічних кораблів

Не дуже вдалі старту кораблів-човників ініціювали науково-технічні розробки, спрямовані на створення "розумних" покриттів. Такі покриття на космічній орбіті мають ремонтувати самі себе. Плитки (окремі елементи) такого покриття оснащені спеціальними сенсорами та мікрочіпами і здатні взаємодіяти один з одним подібно до комах у колоніях. Якщо одна з плиток виявляється пошкодженою, то сигнал про це розсилається всім іншим елементам конструкції, і вони самостійно перерозподіляють тиск на плитки, що вціліли, повертаючи обшивку у робочий стан. Такий метод оповіщення застосовується лісовими термітами при будівництві мурашників, коли вони виділяють леткі сигнальні речовини феромони.

Щоб "колонія плиток" перестала працювати, потрібно вивести з ладу значну кількість її елементів, на той час як у "централізованій системі", єдиний удар невеликого метеорита може призвести до критичних наслідків для всієї зовнішньої оболонки космічного корабля [10].

Приклад 1.10 "Протеїновий" напівпровідник

Вчені Інституту технології (Ізраїль) розробили органічний напівпровідниковий матеріал на основі протеїнів. Протеїни з'єднуються один з одним, утворюючи пептиди, придатні для побудови електронних приладів. На думку розробників, у найближчі кілька років їм вдасться створити повнокольорові біодисплеї з більшою роздільною здатністю, ніж у екранів сучасних комп'ютерів [10].

1.5.3.4 Математичні ефекти

Серед *математичних ефектів* найбільш розробленими є геометричні, які полягають у використанні геометричних форм для різних технологічних перетворень [8], [9].

Широко відомо застосування трикутника, наприклад, використання клину або двох трикутників, що ковзають один по одному.

А застосування, наприклад, стрічки Мебіуса (рис. 1.6) дозволяє використовувати обидві сторони поверхні у нескінченної стрічки.

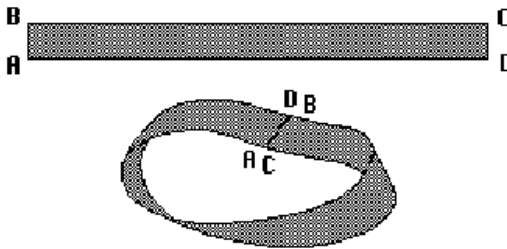


Рисунок 1.6 – Стрічка Мебіуса

Приклад 1.11 Шліфувальна стрічка

Шліфувальна стрічка, виконана у вигляді стрічки Мебіуса, дозволяє використовувати дві сторони стрічки, тобто використовувати стрічку вдвічі довше (рис. 1.7).

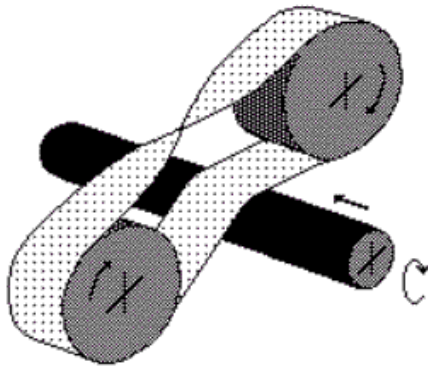


Рисунок 1.7 – Шліфувальна стрічка у вигляді стрічки Мебіуса

Приклад 1.12 Стрічка принтера

Стрічка принтера, у якій задіяні відразу дві сторони.

Приклад 1.13 Подільник частоти

Це один приклад використання стрічки Мебіуса має пряме відношення до радіоелектроніки. Сигнал, що розповсюджується поверхнею Мебіуса, проходить кожен перетин двічі - по внутрішній і зовнішній поверхні. Це дозволяє геометричним шляхом реалізувати подільник частоти.

На поверхнях стрічки виконуються акустичні збудники хвиль, які, виникнувши, відбиваються від збудника і утворюють стоячу хвилю з частотою вдвічі меншою, ніж в циліндричних пристроях тих самих габаритів [10].

Деякі найбільш відомі фізичні та хімічні ефекти і області їхнього застосування при розв'язанні винахідницьких задач наведені у додатку А.

1.5.4 Ресурси

Речовино-польові ресурси (РПР) – це ресурси, які можна використовувати під час розв'язання задач чи розвитку системи. Використання таких ресурсів збільшує ідеальність системи.

Система РПР включає: структуру, склад РПР та правила їхньої зміни [9].

Структура РПР визначає системний рівень, звідки беруться ресурси:

- система;
 - надсистема;
 - підсистема;
 - зовнішнє середовище.
- За **складом** ресурси поділяються на:
- речовину;
 - поле (енергія та інформація);
 - час;
 - простір.
- Зміна** ресурсів відбувається:
- в часі;

- в просторі;
- в структурі.

У якості ресурсів може бути і будь-який параметр системи, зокрема форма.

Крім того, можуть бути *функціональні ресурси*.

Для визначення функціональних ресурсів виявляють основні та допоміжні функції та будують функціональне дерево за спеціальною методикою.

Використання функціональних ресурсів здійснюється шляхом виявлення та використання нових функцій у існуючих системах. Спочатку виявляються властивості цих систем у наступній послідовності:

а) визначення властивостей системи загалом:

1) опис відомих властивостей системи, взятих із довідників та документації, у тому числі головної, основних та другорядних функцій;

2) опис явних властивостей системи, які не описані в довідковій літературі, наприклад, особливостей форми, чистоти поверхні, кольору, об'єму і т. ін.;

3) опис небажаних, шкідливих, марних та допоміжних властивостей, виявлених, наприклад, у процесі експлуатації;

б) розчленування системи на підсистеми та виявлення їхніх властивостей аналогічним чином;

в) виявлення властивостей речовин, у тому числі тих, з яких складаються підсистеми, аналогічно пункту а), а також виявлення властивостей полів, які присутні у даній системі та підсистемі;

г) виявлення системних властивостей, не описаних раніше, отриманих в результаті з'єднання підсистем відомими та новими способами.

Крім того, властивості системи змінюються в залежності від надсистеми, в яку її помістили, та від середовища, в якому знаходяться (працюють, функціонують) система та надсистема.

Використовуючи виявлені в такий спосіб властивості, можна розширити функціональні можливості існуючих систем, тобто застосовувати їх за новим призначенням.

Послідовність застосування виявлених властивостей за новим призначенням системи може бути наступною:

- а) застосування системи загалом:
- 1) застосування допоміжних якостей, функцій, процесів загалом;
 - 2) застосування допоміжних функцій у якості основних;
 - 3) застосування непотрібних або шкідливих функцій у якості корисних;
 - 4) застосування властивостей, функцій і процесів, зворотних виявленим;
- б) застосування підсистем аналогічно п. а);
- в) застосування речовин та полів підсистем;
- 1) застосування основних для системи та підсистеми властивостей речовин та полів;
 - 2) застосування допоміжних для даної системи властивостей речовин і полів у якості основних;
 - 3) застосування непотрібних для цієї системи речовин та полів у якості корисних;
 - 4) застосування шкідливих для даної системи речовин та полів у якості корисних;
- г) застосування мікроструктури речовин підсистеми;
- 1) застосування основних властивостей мікроструктури – молекул, атомів, елементарних частинок тощо;
 - 2) застосування допоміжних даної системи властивостей мікроструктури;
 - 3) застосування непотрібних для цієї системи властивостей мікроструктури у якості необхідних;
 - 4) застосування шкідливих для даної системи властивостей мікроструктури у якості корисних.

Наведемо приклади використання ресурсів.

Приклад 1.14 Вироблення електрики

Створено пристрій GravityLight, який для вироблення електрики використовує силу гравітації. Достатньо прикріпити до гачка мішок з баластом вагою у 10 кг, і він почне опускатися та протягом 30 хвилин генеруватиме електроенергію, достатню для роботи світлодіода (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Пристрій GravityLight для вироблення електрики

Приклад 1.15 Принтер

Розроблено принтер Stack, який сам без механізму подачі подає папір. Папір у ньому зберігається без коробки, що обмежує обсяг паперу. Замість того, щоб завантажувати папір всередину, принтер опускається вниз через стопку паперів (рис. 1.9). Шведська команда, яка створила цей принтер, вважає, що це буде ідеальним пристроєм для маленьких будинків.



Рисунок 1.9 – Принтер Stack

Приклад 1.16 Використання енергії природних вібрацій

В корпорації Hitachi'NalatLausi розроблено джерело енергії, що використовує природну вібрацію будівель та механізмів.

Навіть у самому тихому приміщенні завжди можна зафіксувати певний рівень звукового фону. Стіни трохи помітно вібрують з амплітудою кілька мікрометрів. Ці природні вібрації виникають через вітри, машини, що проїжджають поруч, і т. ін.

Японські інженери зуміли використовувати фонові мікровібрації для живлення датчиків температури, освітленості чи втоми конструкції. Експериментальний пристрій схожий на плоский конденсатор, один з електродів якого вібрує і генерує близько 0,12 мкВт енергії. Цього виявляється достатньо, щоб розумний автономний датчик передавав результати вимірів раз на годину.

На відміну від традиційно використовуваних у таких випадках сонячних батарей, нове джерело енергії не залежить від погоди, довговічне і працюватиме навіть у темній коморі.

Приклад 1.17 Двигун реактивного літака

Розглянемо двигун реактивного літака.

Основна його функція – створення тяги. Вона здійснюється за допомогою струменя газу.

Небажаний ефект – прогорання сопла через велику температуру струменя газу. Покажемо деякі застосування цих властивостей:

- очищення злітних смуг від крижаної кірки;
- транспортування в потужному газовому струмені корисних копалин у відкритих кар'єрах;
- реактивний копач каналів, який здешевив вартість меліорації у 15 разів у порівнянні з використанням екскаватора;
- очищення побутових стоків та води у замкнених технологічних системах: брудна вода з великою швидкістю проходить під струменем розжареного двигуна та жар у 900°С миттєво вбиває всі мікроби; при цьому один реактивний двигун здатний знешкодити та переробити побутові стоки міста зі стотисячним населенням.

Приклад 1.18 Застосування автопокришок

Розглянемо механізм розгортання функцій з прикладу автопокришок.

Основна функція автопокришки – оберігати камеру від пошкоджень. Покришка має форму тора, пружна в радіальному та поперечному напрямках, складається з гуми та металевого корду.

Покришки можна використовувати:

- у якості кранців (амортизаторів) на бортах суден;
- у якості огороження автомобільних доріг;
- як берегозахисні споруди;
- у якості покриття укосів гідротехнічних споруд;
- в дренажних колодязях;
- у якості будівельних блоків для гаражів, складів, майстерень;
- для закривання водойм;
- як добавки при виготовленні асфальту;
- у якості декоративних клумб;
- як елементи споруджень на дитячих майданчиках тощо.

1.6 Контрольні питання до теми 1

1 Теорія розв'язання винахідницьких задач як важливий інструмент пошуку нових рішень.

2 Творчі здібності, притаманні людині.

3 Недоліки освіти як фактор, що стримує творчість.

4 Шаблонність мислення як фактор, що стримує творчість.

5 Побоювання критики, вплив авторитетів як фактор, що стримує творчість.

6 Суть та основна ідея ТРВЗ.

7 Основа ТРВЗ.

8 Теоретична база ТРВЗ.

9 Історія виникнення ТРВЗ.

10 Основні функції та області застосування ТРВЗ.

11 Допоміжні функції ТРВЗ.

12 Склад ТРВЗ.

13 Інформаційний фонд ТРВЗ.

14 Система прийомів ТРВЗ.

15 Стандарти на розв'язання винахідницьких задач.

16 Фізичні ефекти.

17 Хімічні ефекти.

18 Біологічні ефекти.

19 Математичні ефекти.

20 Речовино-польові ресурси.

2 ТЕМА 2. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В ТЕХНІЦІ

2.1 Традиційні та системні підходи в дослідженнях технічних систем

Реалізуючи у конструкторській документації свій задум, тобто створюючи виріб з потрібним набором властивостей, конструктор керується рядом принципів, які він застосовує або свідомо, або інтуїтивно [11].

Принцип незалежності полягає у тому, що матеріальна реалізація проекту не змінює природу та її закони, оскільки у технічному об'єкті відтворюються явища та процеси, що не суперечать законам природи, і поява цього виробу не змінює загальну картину світу.

Принцип реалізуємості полягає у тому, що за проектом у виробничих умовах можна виготовити виріб. Принцип базується на розділі праці між проектувальником та виготовником. Проектувальник розробляє проект настільки детально, щоб його можна було б реалізувати в умовах виробництва.

Принцип відповідності припускає, що кожному процесу функціонування відповідає певна структура, а функціям – певна конструкція. Принцип базується на минулому досвіді, наявності великої кількості зразків та прототипів.

Принцип завершеності полягає у тому, що, хоча кожен проект може бути вдосконаленим, в цілому він задовольняє вимогам замовника.

Принцип конструктивної цілісності полягає у тому, що ТО створюється за існуючими технологіями, складається з елементів, які можуть бути виготовлені у існуючому виробництві.

Принцип оптимальності полягає у тому, що проектувальник прагне до оптимальних рішень.

Проектування, засноване на цих принципах, є традиційним, класичним проектуванням, що широко застосовується. Однак його недоліком є те, що він зовсім не враховує ті зміни у оточуючому середовищі, котрі викликає поява й використання нових технічних систем: пробки на шляхах, нещасні випадки на виробництві, загазованість міст – це не помилки природи, не випадковість, а

результат людського невміння передбачати ситуації, які виникають в результаті появи спроектованого виробу.

В наш час вплив людини на природу за допомогою техніки став настільки значним, що він може викликати незворотні зміни планетарного масштабу і привести до зміни рівноважних станів, що склалися у світі. Цей факт, а також ускладнення об'єктів проектування, збільшення швидкості темпів морального старіння техніки, зростання її складності привели до усвідомлення про необхідність переходу від традиційного проектування до системного.

У останні роки відбувається помітне психологічне зрушення у свідомості конструкторів, що займаються проектуванням нової техніки. Змінюється інженерне мислення, підхід до справи. Інженер починає свою діяльність не з опрацювання ТЗ, а з аналізу тих наслідків, які може викликати поява нового виробу, тобто він береться за свою роботу не з традиційного початку, а начебто з кінця.

Мета сучасного проектування вже не обмежується розробкою креслень конструкції, яку схвалить замовник та зможуть реалізувати виробники. Тепер вона полягає у орієнтації й організації проектування як процесу, котрий дає початок змінам у середовищі. Основні задачі переміщуються з області розробки конкретних виробів та об'єктів у середовище аналізу та передбачень тих змін у промисловості, виробництві, збуті і т. ін., які викликає випуск проектуємої продукції.

Специфіка сучасного системного проектування та його особливості порівняно з традиційним інженерним проектуванням наведені у табл. 2.1.

Системне проектування – це вже не проектування тільки інженерних об'єктів, а проектування усієї системи діяльності, включаючи процес проектування самого процесу проектування (без чого виявляється неможливою практична координація розробників окремих підсистем), а також процеси проектування цього об'єкта, його виробництва, функціонування та керування ним.

Таблиця 2.1 – Особливості сучасного системного та традиційного інженерного проектування [1], [11]

Системне проектування	Традиційне інженерне проектування
1 Об'єкт проектування	
<p>Система діяльності: складна "людино-машинна" система; оточуюче середовище як "зовнішній" елемент проектуємої системи; індивідуальні ("унікальні") об'єкти проектування; об'єктом проектування стає й сама діяльність зі створення складної системи ("проектування проектування").</p>	<p>Інженерний (технічний) об'єкт : засіб діяльності: виріб, машина, пристрій і т. ін.; типові інженерні об'єкти – тиражування.</p>
2 Процес проектування	
<p>Упровадження – діяльність не проектується, а організується, неможливо урахувати заздалегідь усі параметри й особливості функціонування складної системи; еволюційне системне проектування – проектування системи не припиняється після здачі її до експлуатації, окремі стадії реалізації проєктів уточнюються на основі дослідження закономірностей функціонування вже створених підсистем; розвиток, удосконалення існуючої системи, поступове підведення до закладеного у проєкті стану; проектування без прототипів, орієнтоване на реалізацію ідеалів, що формуються у методологічній сфері; безпосередній вихід на споживача – саме проектування стає джерелом формування проєктної тематики, критерії системи формулює сам проектувальник.</p>	<p>Виготовлення – за проєктом у існуючому виробництві можна виготовити відповідний йому виріб; одиничний цикл інженерної діяльності припиняється після здачі об'єкта даного типу у експлуатацію (починається проектування нового об'єкта); проектування за прототипами, що вже є у сфері інженерної діяльності або у природі; завдання на проектування видає замовник, він же визначає критерії готовності виробу.</p>
3 Сфера застосування	
<p>Уся сфера соціальної практики: виробництво, обслуговування, вживання, керування, навчання і т. ін.</p>	<p>Тільки промислове виробництво.</p>

Кінець таблиці 2.1

4 Засоби проєктування	
Використання знань, методів та уявлень усього комплексу сучасних наук (суспільних, природничих, технічних); діалогічність – порівняльний аналіз альтернативних програм, проєктів – орієнтація не на якусь одну теорію, а на методологію, що забезпечує єдність і в той же час різноманітність розгляду; системні методи представлення та поняття (системна орієнтація).	Використання методів, що розроблені головним чином у відповідній технічній науці; монологічність (моно-теоретичність) – переважна орієнтація на базову технічну теорію; природничо-наукові знання та представлення (орієнтація передусім на фізичну картину світу).

2.2 Людино-машинні системи. Взаємодія техніки та людини

Техніка є сполучною ланкою між людиною і природою. Вона розташована між людиною і природою і служить своєрідним амортизатором впливу природи на людину, засобом її захисту від пагубної дії цих впливів. Варто також враховувати той факт, що техніка рукотворна, створена людиною, й у відриві від її доцільної, творчої діяльності вона не може народитися і не може розвиватися.

Саме тому розвиток техніки обумовлений проміжним її положенням, її взаємовідносинами, з одного боку, з людиною ("людина – техніка"), з іншого боку – із природою ("техніка – природа"), тобто техніка розвивається не сама по собі, а в системі "ЛЮДИНА – ТЕХНІКА – БІОСФЕРА".

В основі історичного розвитку системи "людина – техніка-біосфера" лежать три принципи: цільової єдності; доповнення чи компенсації; функціонального моделювання [1].

Принцип цільової єдності полягає у тому, що техніка виконує ті функції, які колись виконували природні органи людини. Техніка в міру розвитку послідовно замінює людину у виконанні функцій технологічного процесу. Вся історія техніки є історією послідовного опредмечування технологічних функцій людини, що складає основний принцип "саморуху" техніки, закон усього її розвитку.

Принцип доповнення або компенсації полягає у тому, що технічний засіб повинен бути сконструйований таким чином, щоб складати з людиною єдину систему, і в той же час так, щоб бути "адекватним" тому матеріалу природи, на який належить впливати. Але не тільки техніка доповнює і компенсує недосконалість людських органів праці, але і сама людина в технічній системі доповнює техніку своїми руками, енергією, нервовою системою, мозком.

Через нерозвиненість техніки людина змушена тривалий час виконувати технічні функції.

Принцип доповнення припускає, що в антропогенних (машино-людино-машинних) системах існують не тільки єдність, але і протиріччя, засновані на тому, що це неоднорідні системи. Вони утворюються з двох компонентів – біологічного і технічного (рис. 2.1).

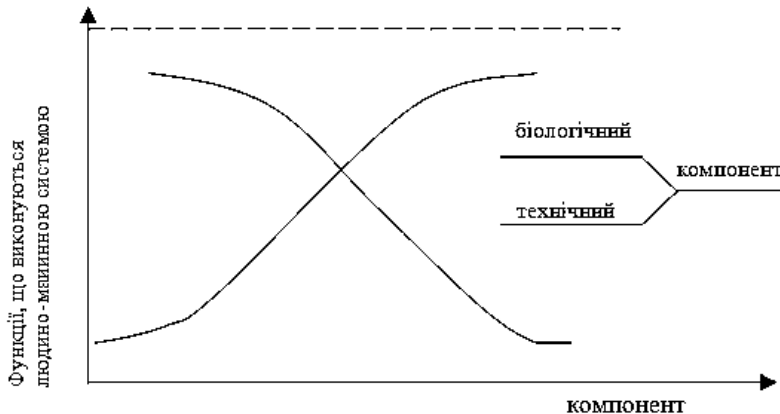


Рисунок 2.1 – Співвідношення біологічного і технічного компонентів у процесі розвитку антропогенних систем [1], [12]

З розвитком антропогенних систем відбувається зменшення внеску біологічного і відповідне зростання технічного компонента. Це справедливо для всієї техніки як у її історичному розвитку, так і стосовно до конкретних її видів.

Усю сукупність функцій, яку передає людина техніці, можна розділити на два класи:

- клас механічних функцій (безпосередня обробка матеріалів природи природними органами людини; керування знаряддями праці;

функція джерела рухової енергії; машинні функції, наприклад, закріплення виробу, зняття виробу, транспортування, вмикання – вимикання і т. ін.);

– клас розумових функцій (переважно функцій керування): постановка цілей; технологічний контроль; спостереження, програмування; лічильно-логічні функції; оптимізація, пошук несправностей; інженерно-конструкторські функції і т. ін.

Принцип функціонального моделювання базується на принципах цільової єдності і доповнення. Цей принцип справедливий як для існуючої техніки, так і для техніки майбутнього при моделюванні як фізичних, так і розумових функцій людини при трудовому процесі. При цьому техніка моделює людину не структурно, а функціонально. Коли виникла необхідність у збільшенні швидкості переміщення, то людина придумала колесо, крило, ракету, а не стала придумувати собі ще пари ніг.

Свої основні функції техніка виконує, будучи засобом трудової діяльності людей у матеріальному та духовному виробництві, і служить елементом різнорідних зв'язків: "техніка – природа", "техніка – предмет праці", "техніка – людина", "техніка – наука", "техніка – соціальні відносини". Різноманіття і різнобічність зв'язків техніки з навколишнім світом породжують цілий ряд протиріч, виявлення й усунення яких і є основною рушійною силою розвитку й удосконалювання техніки.

2.3 Етапи розвитку технічних систем

У XIX столітті були встановлені деякі загальні закономірності розвитку біологічних систем: зріст чисельності колоній бактерій; популяції комах; маси плоду, що розвивається, і т. ін. у залежності від часу. Ці закономірності добре описуються S-подібною (логістичною) кривою, яка будується в системі координат, де по вертикалі відкладається головний показник системи чи головна експлуатаційна характеристика системи (наприклад, обсяг операційної пам'яті для ЕОМ, швидкість літака, потужність електрогенератора і т. ін.), а по горизонталі – час.

В технічних систем апроксимація цієї кривої, яку ще називають **кривою життєвого циклу системи**, має свої індивідуальні особливості, але на ній завжди можна виділити характерні ділянки

(крива А на рис. 2.2), які відбивають закономірності в розвитку технічної системи на кожному етапі її життєвого циклу.

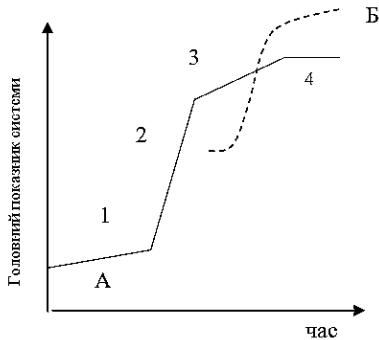


Рисунок 2.2 – Апроксимація S-подібної кривої [1], [11]

На *першому етапі (ділянка 1)* відбувається зародження та повільний розвиток технічної системи.

Нова технічна система з'являється на певному рівні розвитку науки і техніки за умови, що є потреба в системі і є можливості її реалізації. Ці умови не завжди збігаються за часом. Так усвідомлена потреба може стимулювати зусилля вчених і інженерів на створення нової системи, або вже створена система відкриває нові можливості свого використання.

На цьому етапі відбувається пошук складу технічної системи, що забезпечує її працездатність. Будь-яка технічна система – єдине ціле окремих частин (зібраних за допомогою синтезу), але не усяке об'єднання дає життєздатну технічну систему.

Необхідною умовою принципової життєздатності системи є мінімальна працездатність основних частин системи.

Нова система звичайно дуже примітивна, має масу недоліків, тому йде пошук її удосконалення. Поява нової системи часто зустрічає недовіру й активний опір її впровадженню, особливо, коли нова система не піонерна (піонерні системи принципово нові і не мають аналогів), а йде на зміну старій. Причиною опору може бути, з одного боку, психологічна інерція – усе нове незвичне, невідоме і тому викликає побоювання, а іноді і страх, з іншого боку – свідомий опір фахівців, що розробили і випускають стару систему. Розвитку нової

системи найчастіше протидіють величезні технічні труднощі, багато з яких навіть і не передбачалися на початковому етапі, тому що реальна система значно складніше і багатше будь-якого проекту.

На другому етапі (ділянка 2) відбувається інтенсивний розвиток та масове застосування технічної системи.

Після знаходження складу технічної системи її розвиток йде в напрямку пошуку структури, що забезпечує виконання заданої функції і погоджену між собою роботу окремих частин системи. На цьому етапі проводиться великий обсяг робіт з уніфікації, узгодження форм, розмірів, технологічних процесів, ритму роботи окремих частин і т. ін.

Характерною рисою даного етапу є поява безлічі модифікацій і різновидів, пристосованих для різних умов і цілей, а також витіснення з екологічних ніш застарілих систем. Інтенсивно проходить процес узгодження технічної системи зі своїм оточенням.

Дуже часто система, що розвивається, викликає необхідність у зміні навколишнього середовища, зміні інших систем, що взаємодіють з даною системою за типом зворотного позитивного зв'язку. Так, стрімке зростання автотранспорту привело до корінних змін у проектуванні автодоріг, побудови численних розв'язок, підземних переходів, автостоянок, створення розширеної мережі бензозаправних станцій, авторемонтних майстерень і т. ін.

На цьому етапі відбувається не тільки процес інтенсивного узгодження системи зі своїм оточенням, але й процес узгодження окремих частин системи між собою. У цей період частини системи пристосовуються одна до одної. Усе це призводить до виникнення безлічі технічних протиріч, що створюють потік творчих задач, розв'язання яких і обумовлює стрімкий розвиток системи.

Третій етап (ділянка 3) – етап уповільнення зростання (ділянка насиченості).

Досягши апогею у своєму розвитку, технічна система вступає в етап своєї "зрілості". Кількісне зростання головного показника ще спостерігається, але кожен крок у цьому напрямку вимагає усе більших витрат сил і засобів. Принцип, покладений в основу створення системи даного типу, починає себе вичерпувати, і її подальший розвиток стає економічно недоцільним.

Як тільки починається уповільнення росту технічної системи, варто подбати про те, яким чином перейти до нової системи, побудованої на більш прогресивному принципі. Зазвичай на цьому

етапі така система вже створена і знаходиться на етапі свого зародження (крива Б на рис. 2.2), але протидія росту нової системи з боку старої зростає, процес відмирання старої системи досить болючий і тривалий.

Четвертий етап (ділянка 4) – етап стабілізації.

На цьому етапі зростання головного параметру різко сповільнюється, або зовсім не спостерігається, чи то через настання фізичної межі подальшого росту головного показника системи (наприклад, немає конструктивних матеріалів, здатних витримати дане навантаження), чи то через неприпустимі шкідливі впливи на навколишнє середовище.

Досягаючи етапу стабілізації, система має величезну інерцію. За цією системою стоять сучасне виробництво зі своїм устаткуванням і відпрацьованою технологією, наукові школи, звання, посади, оклади. Удосконалюванням старої системи займаються сотні тисяч людей, що зовсім не в захваті від перспективи серйозної перекаліфікації.

Разом з тим до четвертого етапу свого розвитку технічна система досягає максимальної гармонії між своїми елементами, щонайкраще виконує свої функції, ближче усього підходить до свого ідеалу.

Приклад 2.1 Еволюція радіоламп

Прикладом цього може служити радіолампа, що була невід'ємною частиною всієї радіоелектронної апаратури протягом багатьох десятиліть. Радіолампи були найгрознішими і найбільш ненадійнішими елементами радіоапаратури, вони витримували порівняно невеликі механічні навантаження, мали низький ККД (майже половина всієї споживаної ними енергії йшла даремно на нагрівання нитки розжарювання). Коли ж на зміну радіолампам прийшли напівпровідникові прилади – діоди і транзистори, радіолампи досягли піку своєї досконалості. Була значно підвищена їхня надійність, робоча частота, зменшені габарити і маса (створені надмініатюрні лампи "жолудь", "дріб"), сконструйовані стрижневі лампи, що витримують механічні перевантаження до 40g. Досягши своєї досконалості, позбувшись більшості своїх недоліків, радіолампи поступилися місцем новій елементній базі – напівпровідниковим приладам, далеким від досконалості, яким були притаманні багато

недоліків, але які мали у своєму розпорядженні великі можливості для свого удосконалення і подальшого розвитку.

Досягнувши вершини свого розвитку, коли усунуті усі протиріччя, а нові протиріччя не виникають, і немає джерела досконалості і розвитку, технічна система або зберігає (консервує) досягнутий рівень головного параметру, внаслідок чого деградує та відмирає, або еволюціонує та продовжує свій розвиток, але вже як складова частина більш складної системи (надсистеми). При цьому, ставши елементом надсистеми, вона повинна знайти своє місце в ній, погодити свої параметри з параметрами інших елементів надсистеми.

Часто повного вимирання системи, що витісняється більш прогресивною, не відбувається. Іноді система залишається й ефективно працює в деяких відособлених, дуже спеціалізованих екологічних нішах.

Описані процеси спостерігаються на протязі усього розвитку цивілізації в усіх культурах і у кожній галузі техніки. У минулі віки вони відбувалися дуже повільно – від зародження до відмирання будь-якої технічної системи могло проходити від десятків років до декількох століть.

Але на межі XX-XXI століть, з бурхливим розвитком цифрових і інфокомунікаційних технологій, темпи розвитку технічних систем настільки прискорилися, що їхній життєвий цикл значно скоротився, і для деяких з них зараз ми маємо змогу спостерігати повний цикл на протязі кількох десятиріч або навіть років.

Приклад 2.2 Еволюція систем запису та відтворення відеоінформації

У якості прикладу розглянемо еволюцію систем запису та відтворення відеоінформації за період з початку 90-х років XX століття до наших днів, тобто за минулі 30 років.

До 90-х років XX століття у СРСР широкі маси споживачів практично не мали можливості записувати та відтворювати відеоінформацію.

Кінозйомки потребували спеціальних знань з обробки плівки та дорогого обладнання: кінокамер, кінопроекторів тощо.

Вітчизняні відеомагнітофони, хоча їх почали розробляти ще у 50-ті роки, випускалися лише для професіоналів та були недоступні звичайному споживачеві аж до середини 80-х років, коли у торгову

мережу поступив перший побутовий касетний відеомагнітофон "Електроніка ВМ-12" формату "VHS", запущений у 1984 році у крупносерійне виробництво. Але за технічними характеристиками ця модель значно поступалася зарубіжним аналогам, мала досить низьку надійність, до того ж роздрібна ціна цього відеомагнітофону була на рівні 10-15 середніх місячних окладів рядових споживачів.

Що стосується зарубіжних відеомагнітофонів, якісні побутові моделі яких з'явилися значно раніше, до середини 70-х років у СРСР існувало ембарго на їх імпорт з країн заходу.

Прорив на ринку відеомагнітофонів відбувся на початку 90-х років після розвалу СРСР та створення з колишніх республік окремих країн. У ті роки на прилавках магазинів з'явилась безліч досить якісних та порівняно недорогих моделей, які імпортувалися з різних країн Заходу та Сходу. Приблизно тоді з'явилась можливість запису на магнітну стрічку цифрових сигналів, що значно підвищувало якість зображення. У країнах СНД почалась ера відеозапису, але тривала вона недовго.

Приблизно в той же час бурхливо розвивалися комп'ютерні технології, і з середини 90-х років персональні комп'ютери стали доступними рядовим споживачам майже в усіх країнах світу. Еволюція комп'ютерної техніки відбувалася дуже швидко, на її вдосконалення уходили навіть не роки, а місяці, можливості постійно зростали, а ціна зменшувалась, і на початку нульових років XXI століття у більшості сімей України вже були власні персональні комп'ютери. Серед безлічі можливостей, які вони надавали, було створення, обробка, редагування, запис, збереження та відтворення якісної цифрової відеоінформації.

В 90-ті роки з'явилися DVD-диски – оптичні носії інформації, призначені для її зберігання у цифровому вигляді. У той же час комп'ютери почали оснащувати спеціальними пристроями для їх запису та читання – DVD-приводами.

На відміну від відеокасет, ці зберігачі інформації були універсальними та могли використовуватися для запису й збереження будь-якої інформації. Та завдяки відносно великій місткості саме DVD-диски у нульові роки XXI століття стали основними носіями відео- та аудіоінформації, успішно конкурували з відеокасетами й поступово витіснили їх з ринку.

Хоча напочатку комп'ютерні відеофайли мали дуже великі об'єми, застосування різноманітних форматів стиснення, які постійно удосконалювалися, дозволяло зменшувати їх у десятки, а то й сотні

разів без суттєвого погіршення якості. Так, об'єму звичайного DVD-диску (4,7 ГГб) було досить для збереження повнорозмірного фільму у стандартному відеоформаті MPEG-2.

Якість зображення та звуку DVD-відеофайлів значно перевищувала якість навіть цифрових магнітних відеозаписів, до того ж вони мали ще ряд суттєвих переваг:

- об'єм магнітної відеоінформації незмінний і залежить тільки від часу на її програвання, в той час як об'єми комп'ютерних відеофайлів можна зменшувати за допомогою спеціальних програм компресування; внаслідок цього кількість інформації, яку можна записати на відеокасету, також незмінна та залежить від довжини плівки, а кількістю інформації, записуваної на DVD-диск, можна варіювати;

- час запису магнітного відеофайлу дорівнює часу його безпосереднього відтворення, а час запису DVD-відеофайлів залежить тільки від технічних можливостей комп'ютера;

- для перезапису відеофайлів з однієї касети на іншу потрібно мати два відеомагнітофони, тоді як запис з одного DVD-диску на інший відбувається на одному пристрої: файл спочатку можна записати на комп'ютер, після чого перезаписати на інший носій, і це, зокрема, значно спрощує процедуру багаторазового копіювання;

- якість та зміст перезаписаного відеоматеріалу на магнітних носіях залежить від якості первинного джерела, тоді як комп'ютерні відеофайли можна редагувати.

Ці переваги виявилися настільки суттєвими, що у період приблизно з 2000 по 2010 роки відео DVD-диски стали основним джерелом для створення приватних фільмотек. Щоб надати змогу відтворення DVD-відеофайлів широким масам споживачів, серед яких на той час не усі мали персональні комп'ютери, були розроблені та широко випускалися спеціальні пристрої – DVD-плеєри.

Але, при усіх перевагах DVD-відеофайлів, їх носії мали також цілий ряд суттєвих недоліків, серед яких:

- хоч і збільшений, але все ж таки обмежений об'єм записуваної інформації;

- неможливість перезапису;

- потреба у спеціальних програмах запису типу Nero Burning ROM, що іноді ускладнювало запис у домашніх умовах;

– низька якість DVD-дисків та дуже легка можливість їх пошкодження, після чого записана інформація повністю або частково втрачалася;

– невисока якість та надійність DVD-плеєрів.

Деякі з цих недоліків намагалися усунути: так, окрім дисків DVD-R, що не допускали перезапис, існували перезаписувані диски DVD-RW, але їх якість була дуже низка, до того ж після декількох перезаписів вони часто виходили з ладу з втратою інформації.

Щодо ємності – найбільш розповсюдженими були відео DVD-диски на 4,7 ГБ, але існували і на більші об'єми: 8,5 ГБ, 9,4 ГБ та 17,06 ГБ, але останні були дуже рідкісними і мали ще меншу надійність.

Усі ці фактори призвели до того, що оптичні носії інформації та пристрої для їх запису-відтворення виявилися ще менш життєздатними, ніж відеокасети, і їх поступово витіснили інші носії: USB-флеш-накопичувачі, картки пам'яті, зовнішні жорсткі диски тощо.

2.4 Контрольні питання до теми 2

1 Основні принципи традиційного інженерного проектування: незалежності, реалізуємості.

2 Основні принципи традиційного інженерного проектування: відповідності, завершеності.

3 Основні принципи традиційного інженерного проектування: конструктивної цілісності, оптимальності.

4 Недоліки традиційного інженерного проектування.

5 Необхідність переходу до системного проектування. Ціль системного проектування.

6 Специфіка сучасного системного проектування.

7 Порівняння традиційного та системного інженерного проектування.

8 Система ЛЮДИНА-ТЕХНІКА-БІОСФЕРА.

9 Принцип цільової єдності в системі "людина-техніка".

10 Принцип доповнення чи компенсації в системі "людина-техніка".

11 Принцип цільової єдності в системі "людина-техніка".

12 Співвідношення біологічного та технічного компонентів у процесі розвитку антропогенних систем.

- 13 Класифікація функцій, які людина передає техніці.
- 14 Принцип функціонального моделювання в системі "людина-техніка".
- 15 Апроксимована крива життєвого циклу технічної системи.
- 16 Перший етап кривої життєвого циклу технічної системи.
- 17 Другий етап кривої життєвого циклу технічної системи.
- 18 Третій етап кривої життєвого циклу технічної системи.
- 19 Четвертий етап кривої життєвого циклу технічної системи.
- 20 Еволюція систем запису та відтворення відеоінформації (приклад 2.2).

3 ТЕМА 3. ПРИНЦИПИ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

3.1 Підстави для пошуку закономірностей розвитку технічних систем

Техніка змінюється, розвивається, удосконалюється, і ми є безпосередніми свідками цього незворотного процесу. Будь-яка зупинка, будь-яке гальмування цього процесу призводить до відставання, до створення неконкурентоспроможної техніки, техніки вчорашнього дня. Ігнорування концепції розвитку призводить до створення нежиттєздатних систем.

Виникають законні питання: "як відбувається розвиток техніки?", "що є рушійною силою в цій гонці?", "розвиток техніки – процес випадковий, непередбачуваний, чи мають місце якісь закономірності?"

Якщо розвиток техніки здійснюється не хаотично, якщо існують, проглядаються якісь тенденції, закономірності, то їх необхідно враховувати, брати до уваги при проектуванні, що обов'язково позначиться на стратегії розробки.

Аналіз патентної інформації, історії виникнення і розвитку різноманітних систем дозволяють зробити висновок про те, що, незважаючи на всю хаотичність процесів змін у техніці, у них разом з тим проглядаються тенденції і закономірності.

Це дозволило деяким ученим, конструкторам, винахідникам стверджувати про існування законів розвитку техніки. Виявлені закони справедливі для техніки як такої, але в окремих розробках вони можуть і не виявлятися чи виявлятися частково, тому коректніше називати їх закономірностями, тенденціями в розвитку техніки.

В даний час проблема виявлення закономірностей у розвитку технічних систем привертає увагу багатьох дослідників, в першу чергу, людей, зв'язаних зі створенням нових технічних систем.

Вищий рівень інженерної творчості полягає у виділенні і формулюванні законів і закономірностей побудови і розвитку техніки і свідомому їхньому використанні при пошуку конструктивно-технологічних рішень.

Закони техніки повинні пояснювати багато явищ і процесів, що відносяться до техніки в цілому і до окремих технічних об'єктів, однак

головна їх функція – бути корисними при розв'язанні задач аналізу існуючих технічних об'єктів а також прогнозування і розвитку певного технічного об'єкта.

Закони техніки являють собою ядро нової науки – технoзнання.

3.2 Принципи розвитку технічних систем за О.І. Половінкіним

Професор О.І. Половінкін сформулював ряд принципів, що лежать в основі законів розвитку технічних систем [1], [13].

Принцип надмірності технічних рішень полягає у тому, що у будь-який момент часу для реалізації будь-якої функції кількість створених технічних рішень на рівні пропозицій, патентів, креслень, моделей, дослідних зразків завжди більше серійно реалізованих.

Принцип відповідності між функціями і технічними рішеннями полягає у тому, що кожна функція з безлічі наявних і можливих технічних рішень виділяє певну підмножину технічних рішень, що реалізують цю функцію.

Принцип відносного існування функцій і технічних рішень полягає в тому, що функція має набагато більшу довговічність у порівнянні з технічним рішенням, що виконує цю функцію.

Принцип конструктивної еволюції полягає у тому, що будь-який технічний об'єкт при ретроспективному розгляді його розвитку є ланкою ланцюга конструктивних змін, у якому винаходу першого технічного рішення обов'язково передувала поява нової функції. Чим важливіша функція для суспільства, тим більше засобів витрачається на удосконалювання технічних об'єктів для виконання цієї функції, і тим вище темпи конструктивної еволюції.

Принцип інерції в сфері виробництва полягає у тому, що виробництво технічних засобів, що випускаються серійно, збільшується від нуля за зростаючою кривою спочатку з відставанням від попиту, потім досягає максимуму (надвиробництва), після чого відбувається зниження виробництва до стабілізованого рівня чи до нуля у випадку появи кращого технічного рішення для виконання цієї ж функції.

Крім того, спостерігається постійне підвищення ступеня механізації й автоматизації технічних засобів, тобто має місце

послідовна поява технічних об'єктів, що знижують долю участі людини у виконанні функцій.

У технічних об'єктах з однаковою функцією перехід від покоління до покоління обумовлений усуненням на даний момент головного дефекту і відбувається при наявності необхідного науково-технічного потенціалу і соціально-економічної доцільності.

3.3 Закономірності розвитку технічних систем за Є.Л. Балашовим

Професор Є. П. Балашов у монографії "Еволюційний синтез систем" сформулював закономірності функціонально-структурної організації технічних (антропогенних) систем [1], [13].

3.3.1 Кожне нове покоління системи даного класу відтворює сукупність основних функцій попередніх систем. Тому важливо вивчення прототипів.

3.3.2 Основним джерелом розвитку антропогенних систем є боротьба діалектичних протилежностей – "багатофункціональності" і "спеціалізації".

3.3.3 Протиріччя, що виникають у системах у процесі розвитку, вирішуються тимчасово на певних етапах розвитку систем конкретного класу і виявляються надалі в трансформованому виді на новому якісному рівні (*закон відносного і тимчасового вирішування протиріч в антропогенних системах*).

3.3.4 Конструктор при створенні конкретного зразка системи приходиться до певного компромісу у виборі кількісних значень показників якості окремих підсистем, намагаючись зрівноважити суперечливі сторони.

3.3.5 У реальних системах процеси перетворення, збереження й обміну (речовиною, енергією й інформацією) взаємозалежні.

3.3.6 У правильно сформованих системах усі процеси йдуть у єдиному ритмі. Умова ритміки повинна дотримуватися не тільки усередині системи, але й при її взаємодії із середовищем.

3.3.7 Аналіз еволюції систем показує, що під час розвитку систем, ускладнення і розширення реалізованих ними функцій, найбільш ефективними і життєздатними є системи, у яких розширення функціональних можливостей випереджає зростання їхньої складності.

3.3.8 Максимальна відповідність структури реалізованим функціям забезпечує максимальну ефективність системи.

3.4 Закони розвитку технічних систем за Г.С. Альтшуллером

Г. С. Альтшуллер на основі аналізу величезного масиву патентної інформації сформулював більш конкретні та практичні закони розвитку технічних систем [8].

Знайдені ним закономірності виходять зі світового досвіду удосконалювання і раціоналізації технічних систем різних галузей техніки.

Ним та його послідовниками були проаналізовані більш 40 тисяч значних винаходів, і на основі аналізу цієї інформації виявлені сорок прийомів усунення технічних протиріч, а в подальшому сформульовані й обґрунтовані закони розвитку технічних систем, які, в свою чергу, є підсистемою найзагальнішої системи законів діалектики.

В рамках ТРВЗ Г.С. Альтшуллер сформулював *три групи законів: статика, кінематику та динаміку*. Назви цих груп умовні та не мають прямого відношення до фізики. Вони скоріш пов'язані з етапами життєвого циклу ТС, модель якого наведена на рис. 2.2.

Статика відповідає першому етапу життєвого циклу ТС, тобто, її "дитинству"; кінематика – другому етапу ("розквіту"), а динаміка – третьому та четвертому етапам ("старінню").

3.4.1 Статика

Закони статички визначають умови, при яких з окремих частин виникає життєздатна технічна система.

Будь-яка технічна система виникає в результаті синтезу в єдине ціле окремих частин. Але не всяке об'єднання частин дає життєздатну систему.

До групи статички входять три закони, виконання яких необхідне для того, щоб система виявилася життєздатною. Вони дають відповідь на питання: "Чи буде жити та функціонувати створювана система?", "Що треба зробити, щоб вона жила та функціонувала?"

Закон 1 – закон повноти частин системи: необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є наявність і мінімальна працездатність основних частин системи.

Кожна технічна система повинна включати чотири основні частини: двигун, трансмісію, робочий орган і орган керування. Суть закону полягає в тому, що для синтезу технічної системи необхідна наявність цих чотирьох частин і їх мінімальна придатність до виконання функцій системи, бо сама по собі працездатна частина системи може виявитися непрацездатною в складі тієї чи іншої технічної системи. Наприклад, двигун внутрішнього згоряння, сам по собі працездатний, виявляється непрацездатним, якщо його використовувати в якості двигуна підводного човна.

Слідство з закону 1: щоб технічна система була керованою, необхідно, щоб хоча б одна її частина була керованою. Керованість означає здатність змінювати властивості залежно від передбачуваних завдань.

Приклад 3.1 Шліфування внутрішніх поверхонь

Шліфування внутрішніх поверхонь дрібних деталей – досить складний процес. Маємо систему з двох некерованих частин: виріб (деталь) взагалі некерований – його характеристики змінювати не можна, а інструмент (шліфувальний круг) погано керований за умовами задачі. Розв'язання задачі полягатиме у введенні в систему ще однієї частини – феромагнітних частинок.

А.с. № 55507 пропонує спосіб внутрішнього шліфування, при якому деталь (виріб) з насипаним у неї зернистим або порошкоподібним абразивом з феромагнітного матеріалу або рідини (інструмент) поміщають у магнітне поле, що обертається.

Система набуває керованості: можна змінювати напруженість магнітного поля – це забезпечить швидкість обробки. Можна змінювати розміри феромагнітних частинок – це дозволить змінювати якість обробки (чистоту поверхні).

Закон 2 – закон енергетичної провідності системи: необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є наскрізний прохід енергії за всіма частинами системи.

Будь-яка технічна система є перетворювачем енергії. Звідси очевидна необхідність передачі енергії від двигуна через трансмісію до робочого органу. Якщо якась частина ТС не буде отримувати енергію, вся система не буде працювати.

Передача енергії від однієї частини системи до іншої може бути матеріальною (наприклад, вал, шестерні, важелі і т. ін.), польовою

(наприклад, магнітне поле) і матеріально-польовою (наприклад, передача енергії потоком заряджених частинок).

Більшість винахідницьких задач зводяться до підбору того чи іншого виду передачі енергії, найбільш ефективного в заданих умовах. Особливе значення мають ефекти і явища, що дозволяють керувати енергією на виході з однієї частини системи або на вході в іншу її частину.

Слідство з закону 2: щоб технічна система була керованою, необхідно забезпечити енергетичну провідність між цією частиною і органами керування.

Приклад 3.2 Нагрівання речовини усередині центрифуги

Необхідно нагрівати речовину до температури 250 °С всередині центрифуги, що обертається. Після нагрівання температуру слід підтримувати постійною.

Поza центрифугою енергія ϵ . Є її «споживач», він усередині центрифуги. Суть задачі – в створенні "енергетичного мосту". Такі "мости" можуть бути однорідними і неоднорідними. Якщо вид енергії змінюється під час переходу від однієї частини системи до іншої — це неоднорідний "міст". У винахідницьких завданнях найчастіше доводиться мати справу саме з такими мостами. У наведеному прикладі вигідно мати електромагнітну енергію (її передача не заважає обертанню центрифуги), а всередині центрифуги потрібна теплова енергія. Особливе значення мають ефекти та явища, що дозволяють керувати енергією на виході з однієї частини системи або на вході до іншої частини. У наведеному прикладі нагрівання може бути забезпечене, якщо центрифуга знаходиться в магнітному полі, а всередині центрифуги розміщений, наприклад, диск з феромагнетика. Однак за умовами задачі потрібно не просто нагрівати речовину всередині центрифуги, а підтримувати постійну температуру близько 250 °С. Як би не змінювався відбір енергії, температура диска має бути постійною. Це забезпечується подачею "надлишкового" поля, з якого диск відбирає енергію, достатню для нагрівання до 250 °С, після чого речовина диска "самовимикається" (перехід через точку Кюрі). При зниженні температури відбувається "самовмикання" диска.

Закон 3 – закон узгодження ритміки частин системи: необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є узгодження ритміки (частоти коливань, періодичності) всіх частин системи.

Для усунення шкідливих явищ та підсилення корисних властивостей ТС слід узгоджувати або розузгоджувати частоти коливань усіх підсистем у ТС та зовнішніх системах. Необхідно, щоб окремі частини не тільки працювали разом, але й не заважали одна одній виконувати корисну функцію.

Приклад 3.3 Дроблення каміння у нирках

Для дроблення каміння у нирках використовується цілеспрямована ультразвукова хвиля, після чого каміння виводиться природним шляхом. Спочатку для руйнування каменів була потрібна велика потужність ультразвуку, в результаті чого уражалися навколишні тканини.

Для усунення цього недоліку запропоновано метод, при якому частота ультразвуку узгоджується з власною резонансною частотою коливання каменів. Це викликає резонанс, що руйнує каміння, внаслідок чого потужність установки можна зменшити.

3.4.2 Кінематика

До кінематики відносяться закони, що визначають розвиток технічних систем незалежно від конкретних технічних і фізичних факторів, що обумовлюють цей розвиток.

В буквальному розумінні це означає ті зміни, які повинні відбутися у системі, щоб вона відповідала вимогам, що зростають.

Закон 4 – закон збільшення ступеню ідеальності системи: розвиток усіх систем йде у бік збільшення ступеню їх ідеальності.

Ідеальна технічна система – це система, вага, об'єм і площа якої прагнуть до нуля, хоча її здатність виконувати роботу при цьому не зменшується. Гранично ідеальна система – це коли системи немає, а функція її зберігається і виконується.

При цьому існує певний парадокс: реальні системи стають все більш великорозмірними і важкими. Він пояснюється тим, що вивільнені при вдосконаленні системи резерви спрямовуються на збільшення її розмірів і, головне, підвищення робочих параметрів.

Виникаючий при цьому вторинний процес (зростання швидкості, потужностей, тоннажу і т. ін.) маскує первинний процес.

Але при розв'язанні винахідницьких задач необхідно орієнтуватися саме на збільшення ступеню ідеальності, оскільки це надійний критерій для коригування задачі і оцінки отриманого рішення.

Приклад 3.4 Еволюція потягів

Перші потяги були набагато більшими за сучасні, але при цьому перевозили менше пасажирів і вантажів. Надалі габарити зменшилися, а потужність збільшилася, завдяки чому стало можливим перевезення великих обсягів вантажів та збільшення пасажиропотоку, що призвело до зниження вартості самого транспортування.

Закон 5 – закон нерівномірності розвитку частин системи: розвиток частин системи відбувається нерівномірно, і чим складніша система, тим більш нерівномірний розвиток її частин.

Нерівномірність розвитку частин системи є причиною виникнення технічних та фізичних протиріч і, отже, винахідницьких задач.

Приклад 3.5 Гальмування вантажних суден

Коли почалося швидке зростання тоннажу вантажних суден, потужність двигунів швидко збільшилася, а засоби гальмування залишилися без зміни. В результаті виникла задача: як гальмувати, скажімо, танкер водотоннажністю 200 тис. тон. Ця задача досі не має ефективного рішення: від початку гальмування до повної зупинки великі кораблі встигають пройти кілька миль.

При цьому бажано, щоб робочий орган випереджав у своєму розвитку інші частини системи, тобто мав більшу динамізацію за речовиною, енергією або організацією.

Приклад 3.6 Багатофункціональний ігровий смартфон

Щоб створити багатофункціональний ігровий смартфон, треба не просто оснастити його великим екраном або зробити зручним для утримання у руці, а в першу чергу потурбуватися про потужний процесор.

Наслідком цього закону є те, що рано чи пізно зміна однієї складової ТС спровокує ланцюгову реакцію технічних рішень, які призведуть до зміни частин, що залишилися.

Приклад 3.7 Еволюція електронних пристроїв

Ускладнення електронних пристроїв викликає потребу зменшення енергоспоживання та габаритних розмірів її складових, що потребує пошуків нових принципів функціонування елементної бази, застосування нових матеріалів, нових конструктивних рішень, технологій тощо.

Закон 6 – закон динамізації: жорсткі системи повинні ставати динамічними, тобто переходити до більш гнучкої структури, що може швидко змінюватися, та до режиму роботи, що може підлаштовуватися під зміни оточуючого середовища.

Приклад 3.8 Еволюція верстатів для гоління

Перші верстати для гоління мали нерухому головку, яка пізніше замінилася більш зручною рухомою.

Приклад 3.9 Еволюція мобільних телефонів

За пару десятків років суттєво змінилися мобільні телефони, причому зміни були не тільки кількісними (зменшення розмірів, енергоспоживання тощо), але й якісними (збільшення функціональності).

Слід відмітити, що певний ступінь динамізації властивий не тільки технічним об'єктам.

Приклад 3.10 Еволюція соціальних систем

Змінюються соціальні системи – все більше компаній практикують замість офісної форми роботи віддалену, а багато працівників віддають перевагу фрілансу.

Закон 7 – закон переходу в надсистему: вичерпавши можливості розвитку, система включається в надсистему як одна з її частин; при цьому подальший розвиток йде на рівні надсистеми.

Приклад 3.11 Еволюція елементної бази

Такі системи, як напівпровідникові прилади, конденсатори, резистори, тривалий час розвивалися як самостійні системи. Досягнувши межі у своєму розвитку як самостійні системи, вони ввійшли

елементами в надсистему – інтегральну схему, у якій стали розвиватися вже як елементи надсистеми.

Варіантом переходу систему у надсистему може бути створення бі- та полісистем. Після проходження етапів "моно" → "бі" → "полі" настає згортання, яке проявляється або у ліквідації системи, або у її переході у надсистему.

Приклад 3.12 Еволюція олівця

Олівець (моносистема) → олівець з гумкою на кінці (бісистема) → набір різнокольорових олівців (полісистема) → олівець з циркулем або ручка (згортання).

Приклад 3.13 Еволюція бритви

Бритва з одним лезом (моносистема) → бритва з двома лезами (бісистема) → бритва з декількома лезами (полісистема) → бритва з вібрацією (згортання).

Іноді система все ж таки може не переходити у надсистему, але при цьому зберігати життєздатність через потребу людству. ***Прикладом*** такої системи може бути *велосипед*.

3.4.3 Динаміка

З якогось моменту розвиток ТС сповільнюється, а потім і зовсім припиняється. Це зумовлено законами **динаміки**, що характеризують розвиток системи за умови впливу конкретних технічних та фізичних факторів. Якщо закони статички і кінематики універсальні – вони справедливі в усі часи і не тільки стосовно до технічних систем, а й до будь-яких систем взагалі (наприклад, біологічних), то динаміка відображає головні тенденції розвитку технічних систем саме в поточний час. Коли можливості вдосконалення вичерпані, на зміну старій системі приходить нова і цикл повторюється.

Закон 8 – закон переходу з макрорівня на мікрорівень: *розвиток робочих органів системи йде спочатку на макро-, а потім на мікрорівні.*

У більшості сучасних технічних систем робочими органами є механічні елементи, наприклад, зубчасті передачі, ручки органів керування тощо. Ці робочі органи можуть розвиватися в межах макрорівня і вдосконалюватись, але їхня суть залишається тією ж

самою. Однак настає момент, коли подальший розвиток на макрорівні виявляється неможливим. Система, зберігаючи свою функцію, принципово перебудовується: її робочий орган починає діяти на мікрорівні: робота здійснюється молекулами, атомами, іонами, електронами і т. ін.

Перехід з макро- на мікрорівень – одна з головних тенденцій розвитку сучасних технічних систем. Тому при розв'язанні винахідницьких задач особливу увагу доводиться звертати на розгляд переходу "макро-мікро" і фізичних ефектів, що реалізують цей перехід.

Закон 9 – закон збільшення ступеню вепольності: *розвиток технічних систем йде в напрямку збільшення ступеню вепольності.*

Сенс цього закону полягає в тому, що невепольні системи прагнуть стати вепольними, а у вепольних системах розвиток йде в напрямку переходу від механічних полів до електромагнітних; збільшення ступеня дисперсності речовин, кількості зв'язків між елементами і чутливості системи.

Детальніше вепольні перетворення будуть розглянуті у розділі 6.

3.5 Експериментальні підтвердження результативності законів розвитку технічних систем

Наприкінці слід відмітити, що у 90-ті роки ХХ століття колектив співробітників та студентів кафедри ІТЕЗ (колишньої кафедри КВР) під керівництвом кандидата технічних наук доцента Г.Р. Перегріна проводив дослідження дії законів розвитку технічних систем на прикладі апаратів магнітного запису.

Матеріали для дослідження надало запорізьке КБ "Вектон" – одне з найкрупніших та той час підприємств з розробки таких апаратів у країнах СНД.

Колектив проаналізував усі розробки за період більше 30 років, серед яких були як ті, що виготовлялися у той час, так і морально застарілі, зняті з виробництва, а також нежиттєздатні варіанти, які були розроблені, але так і не запуснені у виробництво.

Результати дослідження показали, що ті розробки, де виконувалися закони розвитку технічних систем, виявилися життєздатними і випускались протягом досить довгого часу. Ті ж варіанти, де ці закони не виконувалися, були тупиковими,

неконкурентоздатними, і або взагалі не були запуснені у виробництво або їхній випуск припинявся майже відразу після запуску.

3.6 Контрольні питання до теми 3

1 Підстави для пошуку закономірностей розвитку технічних систем.

2 Принципи розвитку технічних систем за О.І. Половінкіним: принцип надмірності технічних рішень.

3 Принципи розвитку технічних систем за О.І. Половінкіним: принципи відповідності між функціями і технічними рішеннями, відносного існування функцій і технічних рішень.

4 Принципи розвитку технічних систем за О.І. Половінкіним: принцип конструктивної еволюції, принцип інерції в сфері виробництва.

5 Закономірності розвитку технічних систем за Є.Л. Балашовим (групи закономірностей 1 – 4).

6 Закономірності розвитку технічних систем за Є.Л. Балашовим (групи закономірностей 5 – 8).

7 Основні групи законів розвитку технічних систем за Г.С. Альтшуллером.

8 Що визначають закони статички за Г.С. Альтшуллером?

9 Перший закон (статички) за Г.С. Альтшуллером. Слідство з першого закону.

10 Другий закон (статички) за Г.С. Альтшуллером. Слідство з другого закону.

11 Третій закон (статички) за Г.С. Альтшуллером. Слідство з третього закону.

12 Закони кінематики за Г.С. Альтшуллером.

13 Четвертий закон (кінематики).

14 П'ятий закон (кінематики) за Г.С. Альтшуллером.

15 Шостий закон (кінематики) за Г.С. Альтшуллером.

16 Сьомий закон (кінематики) за Г.С. Альтшуллером.

17 Закони динаміки за Г.С. Альтшуллером.

18 Восьмий закон (динаміки) за Г.С. Альтшуллером.

19 Дев'ятий закон (динаміки) за Г.С. Альтшуллером.

20 Експериментальні підтвердження результативності законів розвитку технічних систем.

4 ТЕМА 4. ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ ПОШУКУ НОВИХ РІШЕНЬ

4.1 Метод спроб і помилок

Створюючи нову техніку, людина на кожному етапі її розвитку зіштовхувалася з новими для неї проблемами і задачами. Ці задачі вона намагалася вирішувати шляхом перебору багатьох варіантів їх розв'язання. Такий метод вирішення одержав назву методу спроб і помилок (СіП) [1].

Цей метод є вродженим емпіричним методом мислення людини. Суть його полягає у висуванні і розгляданні можливих варіантів рішень, тому він також називається методом перебору варіантів. Якщо ідея виявляється невдалою, її відкидають, а потім висувають нову. При цьому не існує ніяких правил генерування й оцінки нових ідей. Придатність чи непридатність тієї чи іншої ідеї оцінюється суб'єктивно, тому що відсутні об'єктивні критерії вибору найкращої ідеї.

Метод СіП цілком придатний для розв'язання простих задач, що вимагають для свого розв'язання декількох десятків спроб. Коли ж рішення сховане серед сотень усіляких невипробуваних варіантів, то пошук прийнятної рішення може розтягтися на багато років, до того ж немає ніякої гарантії, що при такому переборі варіантів сильне рішення взагалі помітять, чи обраний варіант виявиться досить удалим.

Ось типовий випадок використання методу СіП – історія винаходу Ч. Гуд'єром способу вулканізації каучуку (одержання гуми). Купивши одного разу рятувальне коло з каучуку, він вирішив удосконалити клапан, через який у коло накачується повітря. З новим клапаном він прийшов у фірму, що випускає кола, але там йому сказали, що якщо він хоче розбагатіти, нехай шукає спосіб поліпшення властивостей каучуку. До цього часу каучук використовувався тільки для просочення тканин, наприклад були популярні плащі Ч. Макінтоша, що не промокають. Сирий каучук мав безліч недоліків: він відшаровувався від тканини, а речі, зроблені цілком з нього, танули на сонці і втрачали еластичність на холоді. Гуд'єр почав дослідити з поліпшення властивостей каучуку навмання, змішуючи сиру смолу з будь-якою речовиною, що траплялася під руку: сіллю, перцем, цукром, піском, касторовою олією, навіть із супом, – вважаючи, що рано чи

пізно він перепробує все, що є на землі, і натрапить на вдале поєднання. Він вліз у величезні борги, сусіди вважали його божевільним. Але він наполегливо продовжував пошуки і одного разу, обробивши каучук парами кислоти, побачив, що властивості матеріалу набагато покращали. То був перший успіх. Але знадобилося ще безліч "порожніх" спроб, перш ніж він випадково виявив другу умову повної вулканізації – підігрів. Це було у 1839 році, але лише у 1841 році Гудьїр зміг підібрати оптимальний режим отримання гуми. Незважаючи на успіх, винахідник помер у 1860 році, залишивши по собі 200 тис. доларів боргу. В той час у світі вже працювали 60 тисяч робітників на потужних фабриках, які виготовляли 500 видів гумових виробів у сумі 8 млн. доларів на рік.

Гудьїр вирішив всього одну задачу, для набуття "винахідницької навички" у його просто забракло життя. По суті, йому при вирішенні навіть цієї задачі наймовірно пощастило, тому що багатьом винахідникам, які вирішують подібні задачі, не вистачає життя і вони кануть у безвість [14].

Наприкінці XIX століття метод СіП удосконалив Едісон. Він запропонував складну технічну проблему поділяти на кілька задач і за кожною задачею одночасно вести перевірку багатьох варіантів. Звідси, чим складніша задача, тим більше спроб потрібно зробити, тим більше людей необхідно залучити до її розв'язання. Так, винаходячи лужний акумулятор, Едісон знайшов потрібний варіант, зробивши при цьому приблизно 50 000 дослідів. Трохи менше (6000 дослідів) знадобилося йому для підбору матеріалу нитки розжарювання електричної лампочки.

Сучасні комп'ютери набагато швидше можуть перебирати ці тисячі та навіть мільйони варіантів, але, на жаль, результативність цих досліджень все ж таки далека від бажаного. Щоб перебір варіантів у методі СіП був цілеспрямованішим, складаються списки спеціальних питань, деякі з яких наведені нижче.

Чи не суперечить ідея законам природи?

Чи може винахід працювати, і чи буде досягнуто бажаної мети?

Чи може винахід працювати з достатньою швидкістю, продуктивністю тощо?

Чи можна його здійснити з відомих матеріалів та за допомогою існуючої технології?

Чи буде винахід надійним та простим в експлуатації?

Чи можна ним керувати, а при необхідності регулювати та налаштувати?

Чи буде винахід досить надійним?

Яка вартість експлуатації та обслуговування винаходу?

Яким буде його термін служби?

Наскільки частими будуть поломки і чи призводитимуть вони до катастрофічних наслідків?

Якщо виходити з моделі методу спроб і помилок як серії випадкових та не випадкових, усвідомлених та неусвідомлених послідовних спроб, можна виділити два основні та протилежні один одному напрями підвищення його ефективності:

– збільшення хаотичності пошуку (мозковий штурм та його модифікації);

– систематизація перебору варіантів (метод контрольних питань, морфологічний аналіз та ін.).

Наостанок слід зауважити, що незважаючи на те, що багато найкращих винаходів були створені цим методом, сам процес пошуку рішення дуже далекий від досконалості.

Основні його недоліки полягають насамперед у його дуже малій продуктивності, низькому коефіцієнті корисної дії. На творчий процес значно впливають психологічна інерція мислення, побоювання критики, прагнення уникнути невдачі і ризику, шаблонність мислення, тобто всі ті причини, що сковують наше мислення, гальмують творчість.

Метод СіП марнотратний і неефективний за своєю природою. Це пов'язане не тільки з тим, що він вимагає великої кількості спроб при розв'язанні складних задач, але і з більшою часткою суб'єктивізму при виборі кращого варіанта мислення, що і є джерелом багатьох інженерних помилок, пов'язаних з великими матеріальними втратами, а часом і з людськими жертвами.

Метод СіП не враховує невдачі навіть у межах однієї галузі: люди багаторазово проходять через ті самі невдачі, не роблячи при цьому ніяких висновків.

До істотних недоліків цього методу можна віднести також те, що він не дає можливості вчасно побачити нові задачі і знайти ефективні розв'язання складних задач і проблем. Тут втрати можуть

вимірятися десятиліттями чи навіть сторіччями. Так, наприклад, суди на підводних крилах могли бути створені приблизно на 40 років раніш, оскільки були потреба та теоретичні і практичні можливості їх створення. Але задачу просто не побачили, і для її розв'язання знадобилось майже півстоліття.

Метод СіП відповідальний за відсутність критеріїв оцінки нових ідей: немає жодного великого винаходу, з приводу якого свого часу не було б сказано – "це неможливо". Роки, а то й **десятиріччя** чекали свого визнання найбільші винаходи нашого часу: дифузійне зварювання у вакуумі (І.Ф. Козаков, 1951 р.), ефект пам'яті форми в сплавах (Г.В. Курдюмов, Л.Г. Хандрос, 1948 р.), електрогідравлічний ефект (Л.А. Юткін, Л.І. Гольцова, 1950 р.), гідроекструзійна обробка металів (1958 р.) та ін. [1], [8].

Метод СіП давно вичерпав свої можливості. Раніш його недосконалість компенсували збільшенням кількості людей, зайнятих вирішуванням задачі. Тепер близька до вичерпання і ця можливість. Саме тому виникає потреба у більш раціональних технологіях удосконалювання техніки.

4.2 Мозковий штурм

4.2.1 Принципи мозкового штурму

Мозковий штурм – найвідоміший метод психологічної активізації, широко застосовуваний в усьому світі. Цей метод дозволяє у відносно короткий термін (від 30 хв. до 50 хв.) при роботі невеликої групи експертів (від 6 осіб до 10 осіб) одержати велику кількість ідей з розв'язання поставленої задачі [15].

Автором мозкового штурму є американський підприємець і винахідник Алекс Осборн [1], [15].

Осборн народився в Нью-Йорку, видобував гроші на навчання, працюючи на будівництві, потім був посильним та клерком. У 21 рік став поліцейським репортером у газеті, працював продавцем, водночас викладав у вечірній школі, потім служив помічником керуючого невеликого заводу. І, нарешті, увійшов одним із компаньйонів у рекламну фірму.

Мозковий штурм був розроблений Осборном в 1937 р., а публікація про нього з'явилася лише у 1957 р., після того, як фірма

"Баттон, Бартон і Осборн" успішно використовувала його протягом 20 років.

Осборн вважав, що творчість часто пригнічують в світі бізнесу, тому що, по-перше, занадто мало ідей генерувалося занадто маленькою групою людей і, по-друге, люди, залучені в творчий процес, занадто швидко поспішали критикувати і засуджувати інноваційні ідеї. Він також вважав, що кожен має потенціал для креативності та може навчитися творчим навичкам. Щоб усунути перешкоди, викликані побоюванням критики, А. Осборн запропонував розділити в часі процес генерування ідей і їхньої критичної оцінки, і проводити обидва процеси різними людьми. Щоб подолати обмеження і підвищити творчі здібності співробітників, ним були сформульовані чотири основні принципи мозкового штурму:

- заборона на критику ідей;
- пошук великої кількості ідей;
- побудова наступної ідеї на підставі попередніх;
- заохочення божевільних і перебільшених ідей.

4.2.2 Етапи мозкового штурму

Перший етап – постановка проблеми.

Цей етап вважається попереднім. Він має на увазі чітке формулювання проблеми, відбір учасників і розподіл їх ролей (ведучого, помічників і т. ін.), який, в свою чергу, залежить від специфіки проблеми і форми, в якій буде проводитися штурм.

Усім учасникам мозкового штурму слід готуватися до нього заздалегідь. Задача повинна бути озвучена мінімум за 2-3 дні до його проведення. За цей час учасники зможуть обміркувати проблему і вже на самому початку штурму запропонувати кілька цікавих ідей.

Другий етап – генерація ідей.

Цей етап є основним, і саме від нього залежить успіх розв'язання задачі.

При його проведенні слід дотримуватися наступних правил:

– максимальна кількість ідей, без будь-яких обмежень – навіть якщо здається, що рішення знайдене, ідеї повинні генеруватися протягом усього часу, виділеного на цей етап;

– приймаються будь-які, навіть фантастичні, жартівливі, абсурдні і нестандартні ідеї;

- ідеї висловлюються без доказів;
- ідеї повинні надходити безупинно, регламент на кожну – не більш двох хвилин;
- ідеї можна і потрібно комбінувати і покращувати, при цьому вони доповнюють і взаємно збагачують одна одну;
- не повинно бути ніякої критики або оцінювання ідей, що пропонуються, тому небажано включати в одну групу людей, присутність яких може якоюсь мірою зв'язувати інших, наприклад, керівників і їхніх підлеглих.

Третій етап – відбір, систематизація та оцінка ідей.

Це – заключний, не менш важливий етап, на якому стає можливим виділити по-справжньому ефективні ідеї і привести весь мозковий штурм до спільного знаменника.

На противагу другому етапу, тут основними інструментами є оцінка і критика. Але експертиза і відбір ідей повинні проводитися дуже уважно. При оцінці ідей варто ретельно продумувати всі ідеї, навіть ті, котрі вважаються несерйозними, нереальними чи абсурдними. Основним правилом є виявлення раціональної ідеї в кожній з висунутих на етапі генерації.

Приклад 4.1 Захист транспортного судна від торпеди

Ця задача була запропонована самим Осборном на одному з перших занять з мозкового штурму [16].

Ситуація виникла з ним під час другої світової війни і саме вона у майбутньому наитовхнула його на ідею створення мозкового штурму.

Якось караван вантажних судів, до якого належало судно, на якому Алекс Осборн був капітаном, залишився без охорони, і раптом вони отримали радіотелеграму: будьте уважні — у вашому районі діє німецький підводний човен, який може у будь-який момент торпедувати караван. Слід запобігти зіткненню торпеди із судном, враховуючи, що вона не самонавідна.

Капітан згадав практику, до якої у скрутних положеннях вдавалися середньовічні пірати. Вишикувалася на палубі вся команда, і всі, починаючи з молодших матросів, відповідали лише на одне запитання: як урятуватися в ситуації торпедної атаки? Можна

говорити все, що тільки спаде на думку! — а раптом чиясь "дика" ідея стане ключиком до вирішення проблеми.

Члени команди висунули безліч ідей:

- розстріляти торпеду;*
- між торпедою і судном поставити переешкоду (типу щита);*
- дати задній хід;*
- збільшити швидкість руху (проскочити);*
- пірнути;*
- підстрибнути.*

*Серед інших була ідея, яку висловив **кок**: "Свистати усіх нагору, усю команду вишикувати уздовж борта, і нехай усі вони дмуть на цю торпеду, щоб збити її з курсу".*

*Їм пощастило. Підводний човен не з'явився. Але після війни Осборн згадав цей випадок і одного разу у компанії друзів вирішив проаналізувати ситуацію. Згадав і пропозицію **кока**. І спокійний аналіз показав, що у абсурдній ідеї кока є раціональне зерно.*

*Міркування були приблизно такі: "Повітряним потоком навряд чи вдасться збити торпеду з курсу, але якщо думи чимось більш щільним, то ідея може виявитися корисною. Чим же "щільним" у морі можна думи, чого в морі багато? – звичайно водою. До того ж на будь-якому судні завжди є засоби для гасіння пожеж і для відкачки води у випадку пробойн корпусу. Отже на будь-якому морському судні є потужні насоси і гідранти, і якщо **спрямувати** потужні струмені води назустріч торпеді, то вдасться збити її з курсу".*

У групу аналітиків-експертів повинні входити особи, що мають знання з досліджуваного питання та здатні оцінити ідеї, висунуті на етапі генерації.

Успішність цього етапу залежить від узгодженості роботи учасників і загального контролю їх думок щодо розв'язуваної задачі і рішень, що пропонуються.

4.2.3 Правила проведення мозкового штурму

Зазвичай для мозкового штурму створюється дві групи від 6 до 10 осіб у кожній. До першої групи входять так звані генератори ідей, які пропонують рішення. Друга група складається з експертів – комісії, що займається обробкою запропонованих рішень.

Процесом керує керівник "штурму", що забезпечує дотримання всіх умов і правил. Як тільки він поставив основне завдання, фахівці починають висловлювати свої ідеї.

Слід враховувати, що, якщо в роботі беруть участь люди різних посад, рангів, чинів і соціального статусу, то для виключення психологічного фактору "згоди з начальством" краще, щоб ідеї пропонувалися за зростанням статусу – він нижчого до вищого. Цей принцип покладений у основу різновиду мозкового штурму під назвою "нарада піратів".

Слід також враховувати декілька правил, які дозволяють підвищити ефективність мозкового штурму.

Правило 1

Не можна: одразу ж залучати всіх до участі.

Потрібно: дати людям час подумати наодинці.

Дуже часто мозкові штурми починаються з того, що всі учасники збираються в одному приміщенні і починають працювати. Однак дуже важливо не приступати до групового штурму негайно, а трохи пригальмувати. Слід дати учасникам команди можливість придумати власні ідеї, перш ніж починати мозковий штурм. Це дозволить їм вільно обмінюватися ідеями і знизити ризик впливу один на одного та ненавмисні прояви групового мислення.

Слід також виділити деякий час на додаткове уточнення проблеми. Це дозволить впевнитися, що усі учасники намагаються вирішувати одну й ту ж задачу, і що вона сформульована вірно.

Правило 2

Не можна: встановлювати обмеження при проведенні мозкового штурму.

Потрібно: дозволити кожному учаснику вільно висловити свою думку.

Єдине правило мозкового штурму – підтримувати відкрите обговорення, не виказуючи оцінок і не навішуючи ярликів, тобто не називаючи ідеї поганими.

Якщо учасники фонтанують ідеями, не слід зупинятися, навіть якщо час на проведення мозкового штурму вже пройшов. Але якщо він тільки почався, а учасники вже "перегоріли", слід закінчити раніше і спробувати повторити в інший день.

Правило 3

Не можна: відмітати ідеї відразу.

Потрібно: подбати, щоб кожен учасник запропонував хоча б одну ідею.

Деякі люди соромляться ділитися своїми думками з оточуючими, тому дуже важливо дати висловитися абсолютно всім.

Кращий спосіб позбутися від "ярликів" – це спочатку дати можливість всім учасникам внести свої пропозиції, а вже потім обмінюватися враженнями. Такий вид мозкового штурму називається круговим, і він допомагає обмежити тих учасників, які схильні нав'язувати іншим свою думку, та дає можливість висловитися тим, хто соромиться.

Правило 4

Не можна: прагнути пропонувати тільки якісні ідеї.

Потрібно: прагнути запропонувати якомога більше ідей.

У більшості ситуацій якість набагато важливіша за кількість. Але це правило не стосується мозкових штурмів.

Пропонуючи ідеї, слід намагатися запропонувати їх якомога більше за мінімальну кількість часу. Сенс такого підходу – пропонувати ідеї так швидко, щоб не залишалася часу на винесення оцінок або на спроби взяти свої слова назад. Це дозволить учасникам команди повністю розкрити свій творчий потенціал і не боятися висловити "погану" ідею.

Правило 5

Не можна: записувати тільки хороші ідеї.

Потрібно: записувати всі ідеї.

Головне, що потрібно робити на будь-якій нараді – вести протокол. Це правило справедливо і для мозкових штурмів. Однак не варто вимагати від учасників, щоб вони записували тільки доцільні і здійсненні ідеї.

Слід записувати всі ідеї і залишати доступ до них відкритим для всіх учасників – це дозволить кожному з них стежити за записом ідей в реальному часі і додавати пропущену інформацію.

Правило 6

Не можна: обмежувати створення ідей єдиним мозковим штурмом.

Потрібно: дати можливість кожному учаснику додавати свої ідеї пізніше.

Після завершення мозкового штурму дуже важливо, щоб творчий порив не згас, тому має сенс виділити 10-20 хвилин після штурму або навіть в інший день на те, щоб учасники змогли поділитися новими міркуваннями, які виникли у них після обміну ідеями.

Планування процесу проведення мозкового штурму відповідно до наведених вище порад і методик підвищує його ефективність і результативність та дозволяє учасникам отримати більше задоволення і проявити більше уяви і винахідливості при розв'язанні задач.

В даний час існує десятка півтора різновидів мозкового штурму: індивідуальний, парний, "нарада піратів", конференція ідей, зворотний мозковий штурм і т. ін.

4.2.4 Особливості індивідуального мозкового штурму

Індивідуальний мозковий штурм застосовується тими, хто не звик працювати в команді або не має такої можливості і, в деяких випадках, є більш ефективним, ніж традиційний мозковий штурм [1].

Цей вид мозкового штурму проводиться самостійно, але у той же час його проведення підпорядковується усім правилам групового мозкового штурму, насамперед, відділення процесу генерації ідей від їх аналізу та критики у часі. Для цього учасник спочатку повинен згенерувати певну кількість ідей, фіксуєючи їх будь-яким зручним для себе чином (записуючи на аркуш паперу, диктофон, відео тощо).

Цей процес повинен відбуватися швидко – тривалість сеансу не повинна перевищувати від 3 хв. до 5 хв., головним чином для того, щоб не було часу на аналіз та критику ідей.

Зафіксовані ідеї слід відкласти та повернутися до їх обмірковування через деякий час – від кількох годин до кількох днів.

Найбільш поширеними методами виконання індивідуального мозкового штурму є:

- вільний лист;
- вільне висловлювання;
- вільні словесні асоціації;
- мозкове павутиння, яке є візуальною технікою складання

діаграм думок.

Основні етапи індивідуального мозкового штурму:

- визначити проблему і поставити мету;

- видалити всі уявні бар'єри, відпустити уяву і швидко записати усі асоціації та ідеї щодо вирішення проблеми, які прийдуть в голову;
- через деякий час самостійно оцінити і згрупувати ідеї.

4.3 Синектика

4.3.1 Суть синектики, її переваги перед мозковим штурмом

Мозковий штурм при правильній організації його проведення дозволяє одержати кількість ідей в одиницю часу на порядок більше, ніж при роботі методу СіП.

Безумовною перевагою цього методу є його простота. Єдине, що рекомендується учасникам штурму – це пам'ятати про психологічну інерцію мислення і по можливості бути активними, фантазувати, руйнувати психологічні бар'єри. Але як? "Ті, що штурмують" не завжди вміють це робити. Крім того, сама задача "штурмується" без якої-небудь системи, стихійно.

Уся сила мозкового штурму – у забороні на критику. Але в цьому ж і його слабкість: для розвитку і видозміни ідеї потрібно з'ясувати її недоліки, тобто потрібна і критика.

Ці недоліки мозкового штурму спробував усунути американський винахідник і дослідник У. Гордон, запропонувавши свій метод активізації творчого мислення, що одержав назву синектика [17].

Слово "*синектика*" у перекладі з грецької означає "*сполучення різнорідних елементів*".

Для творчого процесу дуже важливе уміння перетворювати незвичне в звичне і, навпаки, звичне – у незвичне. Мова йде про те, щоб за новою незвичною проблемою, ситуацією побачити щось знайоме і, отже, розв'язуване відомими засобами. З іншого боку, дуже важливий погляд на те, що вже стало звичним, давно примелькалося.

Суть синектики полягає в тому, що для розв'язання творчих задач формується група від 5 до 7 осіб, навчених винахідницьким прийомам. Склад групи постійний, хоча його можна надалі удосконалювати, вводячи нових учасників.

До членів групи пред'являються певні вимоги:

- для синектора бажана наявність двох спеціальностей, і чим вони більш полярні, тим краще: інженер-музикант, біолог-фотограф, художник-автослюсар;

- синектор повинен мати широкий кругозір, гнучкий тип мислення, вміти сприймати критику;

- переважний вік: від 25 до 40 років.

Крім того, група синекторів цілком так само повинна пройти відбір за кількома критеріями:

- учасники групи повинні бути знайомі між собою, мати досвід спільної роботи;

- в робочій групі бажана наявність різних психологічних типів;

- для всіх учасників необхідно вміння конструктивно критикувати ідеї своїх колег (наявність критики в ході дискусії – головна відмінність синектики від мозкового штурму);

- до того ж в будь-яку групу синекторов рекомендується запрошувати експерта в тій області, до якої відноситься задача, що вирішується.

4.3.2 Види аналогій, що застосовуються у синектиці

У процесі розв'язання задачі група синекторів працює з шістьма операторами-аналогіями.

4.3.2.1 Пряма аналогія

Пряма аналогія – це метод пошуку аналогічних рішень у широкому змісті. При цьому об'єкт чи процес, що розглядається, порівнюється з більш-менш аналогічним об'єктом чи процесом з іншої галузі техніки або ж з об'єктом з живої природи, робиться спроба використання готових рішень з інших областей техніки або живої природи. Ідею рішення можна отримати шляхом застосування відомого аналогічного рішення, "підказаного" технічною чи художньою літературою, побаченого у кіно або "підглянутого" у природі [9].

Так, виявленням та використанням "механізмів природи" займається наука **біоніка**. Вона досліджує об'єкти тваринного та рослинного світу й виявляє принципи їхньої дії та конструктивні особливості з метою застосування цих знань у науці та техніці.

Приклад 4.2 Біологічний комп'ютер

Найяскравішим сучасним прикладом біоніки є біологічний (молекулярний) комп'ютер – комп'ютер, що функціонує як живий організм або містить біологічні компоненти. Створення біологічних комп'ютерів ґрунтується на напрямі молекулярних обчислень, у якості

обчислювальних елементів використовуються білки і нуклеїнові кислоти, що реагують один з одним.

Можна сказати, що молекулярний комп'ютер – це молекули, запрограмовані на потрібні характеристики і поведінку. Молекулярні комп'ютери складаються із мережесих нано-комп'ютерів. У роботі звичайної мікросхеми у якості елемента обчислювального тракту використовують окремі молекули. Зокрема молекулярний комп'ютер може представляти логічні електричні ланцюги, складені з окремих молекул; транзистори, керовані однією молекулою, тощо. У мікросхемі пам'яті інформація записується з допомогою становища молекул і атомів у просторі.

Одним із видів молекулярних комп'ютерів можна назвати ДНК-комп'ютер, обчислення в якому відповідають різним реакціям між фрагментами ДНК. Від класичних комп'ютерів ДНК-комп'ютери відрізняються тим, що хімічні реакції відбуваються відразу між безліччю молекул незалежно одна від одної.

Приклад 4.3 Судно, що рухається за аналогією з кальмаром

За аналогією з кальмаром американські інженери сконструювали судно, принцип руху якого схожий на рух кальмара. Кальмар, як відомо, пересувається різкими поштовхами, викидаючи воду назад. Нове судно рухається також за допомогою реактивної віддачі: пара виштовхує воду із труби, спрямованої до корми судна, від цього поштовху судно отримує імпульс, а пар, що залишився в трубі, конденсується, тиск у казані падає, всмоктується чергова порція води і починається наступний робочий цикл. Шлюпка з дослідним зразком двигуна поступалася у швидкості пішоходу, але не слід забувати про переваги – у такого двигуна відсутні рухомі частини.

При пошуку аналогічних рішень у техніці не завжди треба віддавати перевагу провідним областям; іноді, навпаки, саме для сучасних передових областей техніки можна пошукати щось корисне у принципах та технологіях давно існуючих, традиційних.

Приклад 4.4 Способи подрібнення сировини для керамічних виробів

Зазвичай електронну промисловість вважають значно більш передовою, ніж, наприклад, гірничопереробну або борошномельну.

Але при виготовленні керамічних підкладок інтегральних мікросхем, великих інтегральних схем, процесорів, керамічних діелектриків для конденсаторів тощо потрібно подрібнювати вихідну сировину. Провідною областю тут може бути технологія виготовлення керамічного посуду, гірничопереробної та борошномельної промисловості.

Аналогія – багате джерело нових ідей, але її не можна використовувати бездумно.

Приклад 4.5 Робот для перевірки порцелянового посуду

В середині 70-х років ХХ сторіччя для перевірки порцелянового посуду розробили робот, який діяв аналогічно людині – стукав по тарілочки і за звуком визначав її придатність. Спочатку робот "не вмів" м'яко брати тарілочку й тарілки або ламалися в його "руці" або випадали з неї. Коли робота навчили робити це, то виникла нова проблема: тарілки ламалися під час удару про них паличкою. Ця задача так і не була вирішена повністю – частина тарілок все ж таки билася.

Основна помилка, що досить часто зустрічається, – сліпе використання аналогії. Зробимо так, як це робить людина. Скопіюємо ці дії та замінимо людину роботом. Як правило, така тактика приречена на провал. Набагато простіше використовувати інші фізичні принципи для здійснення тієї ж дії, наприклад, "слухати" тарілку за допомогою ультразвуку.

Аналогічні помилки допускають розробники техніки, які намагаються точно відтворити новий виріб, що випускається в іншій країні чи фірмі. На вивчення та відтворення такого виробу витрачаються роки: потрібно з'ясувати всі тонкощі, розробити всі елементи, створити технологію та налагодити їхнє виробництво. Через кілька років випускається "застарілий" виріб, а в цей час фірма, що випустила виріб-прототип, викидає на ринок щось нове. Таким чином фірма, що копіювала виріб, ще більше відстає. До того ж таке сліпе копіювання іноді призводить до того, що у "викраденому" виробі автоматично відтворюються помилки, допущені у прототипі.

Приклад 4.6 "Сліпе" копіювання чужих розробок

Під час другої світової війни німцям вдалося викрасти експериментальну модель нової бойової машини. Це був дослідний зразок, і під час його виготовлення робітник помилково просвердлив у

корпусі зайвий отвір. Викотвляти новий корпус вже не було часу, тому, щоб "заглушити" цей отвір, в ньому нарізали різьбу та вгвинтили гвинт і гайку. Німці повністю скопіювали цю модель та почали виготвляти; при цьому, не з'ясувавши призначення цього отвору, відтворювали його у своїх виробах та також "заглушали" гвинтом і гайкою.

Існує декілька правил, як слід використовувати пряму аналогію:

- з'ясувати основні принципи та конструктивні особливості досліджуваного об'єкта;
- виявити провідну область техніки за функцією, яку виконує цей об'єкт;
- відтворити основний принцип та конструктивні особливості, використовуючи досвід провідних областей, на наявних елементах, матеріалах та технологіях; при цьому потрібно вигадати щось нове, враховуючи недоліки прототипу.

Тільки з урахуванням цих правил може з'явитися новий конкурентоспроможний виріб.

Дещо інший підхід з'явився на ринку США, який отримав назву **реверс-інжиніринг** (reverse-engineering), "інженерна робота задом наперед". Суть цього напряму – відтворювати чужі конструкції, які вже завоювали хорошу позицію на ринку. Хоча це і крадіжка, але іноді вона – для користі споживачів.

Так, багато компаній основний прибуток отримують не від продажу самих виробів, а від продажу комплектуючих. Вони змінюють модель виробу і до нього роблять новий вид комплектуючих.

Приклад 4.7 "Реверс-інжиніринг" принтерів

Компанії, які випускають принтери, основні гроші заробляють на картриджах, тому ціни на картриджі, чорнило та порошки вони тримають досить високими. Крім того, змінюючи модель принтера, вони змінюють форму картриджа. Старі картриджі продовжують випускати поряд з новими, змушуючи споживача регулярно платити "данину".

З'явилися фірми, які перезаряджають як чорнильні, так і лазерні картриджі для принтерів. Руйнуючи монополію "оригінальних виробників", вони різко збивають ціни на картриджі. Цей бізнес знаходиться у стані конкурентної боротьби з виробниками принтерів,

тому ці фірми не можуть користуватися запчастинами та матеріалами, що виготовляють виробники принтерів, і їм доводиться робити свої розробки. Іноді такий вид інженерної діяльності дозволяє випускати досить якісний продукт. Витрати на "реверс-інжинірингові" дослідження часто дуже великі, але все одно вони менші, ніж у "оригінальних виробників".

Є й інші можливості. Фірма, що збирається випускати аналогічний товар:

– домовляється з фірмою, яка випускає цей виріб, або з її конкурентом про постачання їй тих самих комплектуючих даного виробу і змінює, наприклад, зовнішній вигляд виробу або знаходить виробу нове застосування, новий ринок і т. ін.;

– набуває комплектуючі виробу, що вже зійшов з ринку, надає йому, наприклад, сучасний вигляд і випускає на ринок виріб за значно меншою ціною (таким чином діє, наприклад, фірма "Daewoo").

4.3.2.2 Зворотна аналогія (інверсія)

Зворотна аналогія, або **інверсія**, означає виконати щось навпаки.

Цей прийом може означати, що якщо об'єкт розглядається зовні, то, можливо, можна досягнути бажаного результату, якщо досліджувати його зсередини. Якщо якийсь об'єкт розташований вертикально, застосування інверсії означає, що його ставлять горизонтально, і навпаки. Інверсія передбачає можливу заміну рухомої частини нерухомої, відмову від симетрії на користь асиметрії, перехід від розтягу до стиснення. Інверсні поняття – приймач та передавач, модулятор та демодулятор, електрогенератор та електродвигун.

Приклад 4.8 Рухомі пристрої

На принципі функціональної інверсії (зробити функцію або дію зворотною) побудовані такі пристрої, як ескалатор (людина стоїть, а сходи рухаються), тренажер у вигляді бігової доріжки (людина стоїть на місці, а доріжка рухається), пристрій для тренування пловців (пловець нерухомий, а вода навколо рухається).

Приклад 4.9 Еволюція радіоелектронної техніки

Принцип структурної інверсії (багато – мало елементів, однорідні – різнорідні елементи, структура суцільна – дискретна; монолітна – дисперсна – порожня; статична – динамічна; лінійна –

нелінійна; ієрархічна – однорівнева тощо.) лежить в основі поступової еволюції радіоелектронної техніки: електронна та радіоапаратура спочатку складалася з плат з багатьма елементами (транзистори, резистори, конденсатори, котушки індуктивності, з'єднувальні дроти тощо), які надалі були замінені мікросхемами, а потім процесорами.

Приклад 4.10 Плівка для зниження опору води

Приклад застосування інверсії **форми** (випукла – увігнута, товста – тонка, плоска – об'ємна, шорстка – гладка, зовнішня – внутрішня поверхня, суцільна – розривна тощо): відомо, що для кращого обтікання водою або повітрям тілу надають відповідну форму, а поверхня виконується максимально гладкою. Одна з фірм штату Міннесота (США) розробила плівку, яка знижує опір води. Тисячі дрібних, майже непомітних для очей жолобоків на її поверхні нагадують у поперечному розрізі зуби пили та гасять тертя рідини об стінку (корпус судна). Плівку завтовшки 6 мм кріплять до корпусу яхти, як шпалери до стіни. Плівку передбачається використовувати також на літаках та автомобілях для зниження опору повітря.

Приклад 4.11 Прецизійний токарний верстат

Приклад застосування **параметричної** інверсії (протилежні параметри: провідник – діелектрик, довгий – короткий, темний – світлий, твердий – м'який тощо): розмір деталі при токарній обробці зазвичай змінюють, контролюючи розміри виробу. Якщо контролювати відстань між щупом та різцем, то можна гарантувати абсолютно точне виготовлення деталей. Цей принцип став основою нових прецизійних токарних верстатів, створених у Швейцарії. При обробці ними виробів з припуском від 20 мкм до 30 мкм не потрібно наступне шліфування.

Приклад 4.12 Використання зворотного зв'язку

На інверсії **зв'язку** (є зв'язок – немає зв'язку; додатний – від'ємний зв'язок) побудовано багато засобів зв'язку, наприклад, телефонний зв'язок: коли йде розмова, зв'язок забезпечується, у решту часу його постійно немає.

Від'ємний зворотний зв'язок використовується в системах автоматичного керування, коли поточний параметр порівнюють із заданим або змінюваним за певною програмою, зводячи різницю до нуля.

Додатний зворотний зв'язок використовується, наприклад, в підсилювачах: сигнал складається з існуючим сигналом та збільшується (підсилюється).

Приклад 4.13 Економічний вітродвигун

Інверсія простору (зміна положення у просторі на 90° та 180°) може бути проілюстрована прикладом оригінальної конструкції вітроелектродвигуна. Зазвичай вісь вітроелектродвигунів розташована по горизонталі, а електрогенератор знаходиться на вежі поруч із вітровим колесом. Американські конструктори розробили вітряк, колесо якого обертається навколо вертикальної осі (див. рис. 4.1). Його генератор знаходиться на землі – для передачі обертання при цьому вже не потрібні передавальні механізми, опорна вежа може бути простішою та меншою, а головне, його робота не залежить від напрямку вітру і, отже, не потрібні пристрої, що розгортають вітрове колесо, як флюгер, проти повітряного потоку. В результаті конструкція обходиться в кілька разів дешевше за традиційні. Вигин лопатей нагадує криву, яку утворює гнучкий трос при обертанні навколо вертикалі. Така форма дозволяє позбутися напруги вигину лопаті, що працює тільки на розтяг. Оптимальна швидкість вітру для моделі, що випробовувалася, - близько 30 км/год, хоча струм вона починає давати вже при швидкості, втричі меншій.

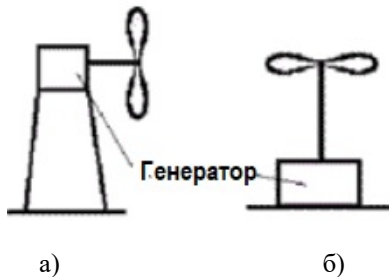


Рисунок 4.1 – Конструкція вітрогенератора: а – звичайного; б – інверсного

Приклад 4.14 Заміна аналогової техніки цифровою

Прикладом інверсії часу (швидко – повільно, безперервно у часі – квантовано, минуле – сьогодні – майбутнє) може служити заміна аналогової (безперервної) техніки дискретною/цифровою

(квантованою). Спочатку це стосувалося комп'ютерів та вимірювальної техніки, а зараз все більше поширення набувають побутові цифрові прилади.

4.3.2.3 Особиста аналогія

Особиста аналогія (емпатія) – базується на тому, що особа, яка вирішує задачу, вживається в образ розглянутого об'єкта, тобто намагається ніби ототожнювати себе з ним, проаналізувати виникаючі відчуття. Особиста аналогія дозволяє людині подивитися з позиції об'єкта (з "його точки зору"), що можна зробити для усунення недоліків або для виконання нових функцій, виявити ряд факторів, які пов'язані з розв'язанням задачі, але звичайно вислизають від уваги.

Приклад 4.15 Способи розколювання волоських горіхів

В рецептуру київського торта входять волоські горіхи. Запропонуйте ефективні технологічні способи розколювати волоські горіхи та відділяти ядра від шкаралупи у великій кількості.

Уявімо себе ядром волоського горіха, що знаходиться всередині шкаралупи. Там темно і хочеться вибратися назовні.

Згадаймо, як зазвичай колють волоський горіх: щипцями чи молотком, створюючи зусилля зовні, спрямовані до ядра. Чи сподобається Вам (ядру) такий спосіб? В найкращому разі Вас травмують.

Ми впливали на горіх зовні (див. рис. 4.2 а), отже, зусилля слід створювати не зовні, а зсередини. У вас самого для цього сили немає, тому потрібно залучати зовнішні сили, які будуть спрямовані від ядра на внутрішню поверхню шкаралупи (див. рис. 4.2 б).

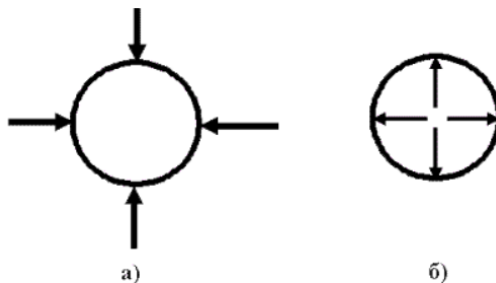


Рисунок 4.2 – Способи розколювання волоського горіху

Чисто технічно цю проблему можна вирішити різними способами.

Можна просвердлити отвір і подати усередину повітря під тиском (див. рис. 4.3).

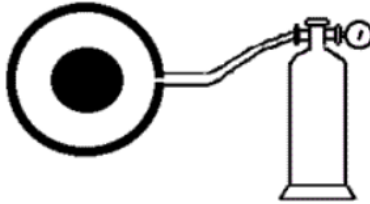


Рисунок 4.3 – Подача усередину горіху повітря під тиском

Можна, навпаки, помістити горіх у вакуум.

Можна шкаралупу горіха обмазати клеєм з великою кількістю феромагнітних частинок та помістити горіх у сильне магнітне поле: шкаралупа розривається.

Одним з найкращих є наступне рішення: горіх поміщають у герметичний посуд і створюють надлишковий тиск повітря. Повітря поступово проникне під шкаралупу. Через деякий час у посудині різко скидається тиск. Усередині горіха тиск більший ніж зовні – шкаралупа розколюється та скидається (див. рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Реалізація інженерного способу розколювання волоського горіха

Аналогічним способом видобувають насіння з шишок, проводиться очищення насіння, стручків солодкого перцю, очищаються фільтри або пористі об'єкти.

Розглянемо ще декілька прикладів на емпатію.

Приклад 4.16 Насічка для жорна

Цей прийом використав конструктор авіадвигунів Бережків – герой книги Олександра Бека "Життя Бережкова".

"Я придумав особливу насічку жорна, насічку за принципом архімедової спіралі (рис. 4.5).

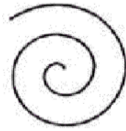


Рисунок 4.5 – Спіраль Архімеда

Терпляче викреслюючи на камені рисунок хитромудрої спіралі, я уявив себе зерном, потрапляв у струмок спіралі, з насолодою відчував, як мене прихоплюють, роздавлюють, перетирають жорна, і, задоволений, вивалювався струмком чудового борошна".

Приклад 4.17 Передача руху між двома валами

Розглянемо задачу про систему валів.

Механізм містить два вали: ведучий та ведений. Ведучий вал під'єднаний до двигуна, швидкість обертання якого може випадково змінюватися від 400 об./хв. до 4000 об./хв. Ведений вал, який передає рух до керованого механізму, повинен обертатися з постійною швидкістю 400 об./хв. Треба знайти такий спосіб з'єднання валів, при якому швидкість обертання веденого валу підтримувалася б постійною незалежно від зміни швидкості обертання ведучого валу.

Розв'язання

Скористаємося особистою аналогією. Зрозуміло, що в місці з'єднання валів повинен знаходитися певний елемент – муфта, що буде передавати рух від ведучого валу до веденого. Щоб зрозуміти, як повинна працювати ця муфта, можна уявити на її місці себе. Ви знаходитеся між валами, охоплюючи ведучий вал, наприклад, руками, а ведений – ногами. Якщо вали обертаються з однаковою швидкістю, ви обертаєтеся разом з ними, не відчуваючи ніякого дискомфорту. Але якщо швидкості обертання валів почнуть відрізнятися, вас почне "закручувати", вивертаючи вам руки та ноги. Щоб цьому запобігти, найбільш природним є послабити тиск на один з валів, "відпустити" його, щоб він почав просковзувати між руками або ногами. А коли швидкості зрівняються, знов щільно охопити цей вал.

Студентам пропонується самостійно знайти варіанти практичної реалізації цієї ідеї. Один з варіантів буде розглянутий у розділі 6 (приклад 6.15).

4.3.2.4 Символьна аналогія

Символьна аналогія – спроба передати суть об'єкта чи процесу в метафорі, образі, порівнянні.

Потрібно в парадоксальній формі коротко сформулювати буквально двома словами фразу, що відбиває суть явища. Вона повинна відбивати зв'язок між словами, що звичайно ніяк одне з одним не зіставляються і містять у собі щось несподіване, дивне, тобто сформулювати **оксюморон**, наприклад, "*жива техніка*", "*застигла музика*", "*гарячий сніг*" тощо.

Ще приклади оксюморонів:

- *банальна оригінальність*;
- *геніальна бездарність*;
- *велика нікчемність*;
- *професійний дилетант*;
- *пуста праця*;
- *маленький велетень*;
- *слабка сила (гравітація)*;
- *сухе вино*;
- *сухий спирт*.

Алгоритм дій при застосуванні символічної аналогії наступний:

- синектор описує суть явища;
- знаходить протиріччя цьому явищу;
- виявляє загальне у цих явищах;
- коротко, можливо абсолютно абсурдними фразами описує зв'язок між цими протилежностями.

4.3.2.5 Образна аналогія

Образна аналогія полягає у тому, що предмет вивчення замінюється будь-яким іншим, еталонним і зручним для подальшого порівняння. Зазвичай така аналогія допомагає виявити приховані можливості.

При цьому суттєво допомагає асоціативне мислення, коли випадкове поняття (образ) стає першою ланкою в ланцюгу асоціацій, який наприкінці може призвести до бажаного результату.

Слід відмітити, що **асоціативне мислення** давно застосовується в творчості, психології, криміналістиці тощо.

Деякі з оповідань циклу "Оповідання з першого карману" чеського письменника Карела Чапека [18] присвячені застосуванню асоціативних ланцюжків для розкриття злочинів. Так, наприклад, в оповіданні "*Поет*", уривок з якого наведений нижче, викрити злочинця допомогло саме асоціативне мислення одного з персонажів.

То був цілком повсякденний для поліції випадок! О четвертій годині ранку на Житній вулиці автомобіль збив п'яну бабу й помчав із шаленою швидкістю далі. І ось тепер молодий слідчий-практикант доктор Мейзлік мав розшукати винуватця. А молоді практиканти ставляться до таких справ дуже серйозно.

– Гм... – сказав д-р Мейзлік постовому поліцаєві № 141. – Значить, ви побачили за триста кроків від себе автомобіль, що їхав з великою швидкістю, а на бруку – людину. Що ж ви зробили насамперед?

– Насамперед я побіг до збитої жінки, – відповів постовий, – щоб надати їй першу допомогу.

– Насамперед треба було записати номер машини, – пробурчав Мейзлік, – а вже потім клопотатись тією бабою. Але, – додав він, шкрябаючи голову олівцем, – може, я й сам би зробив так, як ви. Отже, номери машини ви не побачили. Ну, а якісь інші прикмети?

– Здається, – нерішуче почав постовий № 141, – вона була якась темна. Чи синя, чи темно-червона. За димом із мотора я не розгледів.

– А бодай вам, – розсердився Мейзлік, – як же я маю тепер розшукувати цю машину? Невже бігати та питати всіх шоферів: "Скажіть, будь ласка, це не ви збили стару бабу на Житній вулиці?" Ну що я маю тепер робити, га?

Постовий шанобливо й безпорадно знизав плечима.

– Пане слідчий, – сказав він, – один свідок зголосився, але він теж нічого не знає. Він чекає тут поряд.

– Ну, приведіть його, – сказав з нехиттю д-р Мейзлік і вступився в куций протокол, марно намагаючись щось із нього вичитати.

– Будь ласка, ваше прізвище, ім'я й місце проживання, – машинально сказав він, навіть не глянувши на свідка.

– Ян Кралік, студент механічного факультету, – рішучим голосом відповів свідок.

– То ви, пане Кралік, бачили, як сьогодні о четвертій годині ранку невідомий автомобіль збив Божену Махачкову?

– Так, і мушу сказати, що винен шофер. Вулиця була зовсім вільна, пане комісарє, якби він пригальмував на перехресті...

– Як далеко були ви від місця події? – перебив його Мейзлік.

– За десять кроків. Я проводжав свого приятеля додому... з кав'ярні, і коли ми вийшли на Житню вулицю...

– А хто такий ваш приятель? – знову перебив його Мейзлік. – Тут він у мене не зазначений.

– Ярослав Нерад, поет, – сказав свідок не без гордості. – Але від нього ви навряд чи дізнаєтеся щось.

– А чому? – буркнув Мейзлік, хапаючись за соломинку.

– Бо він... ну, одне слово поет. Коли сталося це нещастя, він розплакався, як мала дитина, й побіг додому. Отже, коли ми вийшли на Житню вулицю, ззаду з шаленою швидкістю вилетів автомобіль...

– Який він мав номер?

– Пробачте, не знаю. Я не звернув уваги. Я помітив тільки, що він мчить як шалений, і саме сказав, що...

– А яка ж була та машина? – перебив його Мейзлік.

– З чотиритактним двигуном внутрішнього згоряння, – упевнено відповів свідок. – А на марках автомобілів я не знаюсь.

– А якого кольору? Скільки душ у ній їхало? Відкрита чи закрита?

– Не знаю, – спантеличено відказав свідок. – Здається, чорна; але як слід я не роздивився, бо коли сталося те нещастя, я зразу обернувся до Нерада й сказав: "Диви які падлюки: збили людину і навіть не зупинились!"

– Гм... – гмукнув д-р Мейзлік невдоволено, – це, звичайно, реакція цілком природна і слухна з морального погляду, але я волів би, щоб ви запам'ятали номер машини. Просто диво, добродію, які неспостережливі люди. Що винен шофер, це ви зразу побачили, і що такі люди – падлюки, це ви справедливо розсудили, а от щоб запам'ятати номер – то ні. Судити вмiє кожен; а от щоб уважно, по-діловому роздивитись... Дякую вам, пане Кралік; не буду вас затримувати.

За годину постовий № 141 подзвонив до квартири, де наймав кімнату поет Ярослав Нерад. Господиня квартири сказала постовому, що поет удома, але він спить. Коли до нього постукали, Нерад

прочинив двері і вступив у поліція перелякані очіці: він ніяк не міг пригадати, чого це накоїв учора. Нарешті-таки до нього дійшло, навіщо його викликають у поліцію.

– А конче треба йти? – невпевнено спитав він. – Бо я вже нічого не пам'ятаю. Я вночі був трохи...

– Під чаркою, – вміть зрозумів поліцей. – Я не одного поета знаю, добродію. Одягніться, будь ласка, я зачекаю.

Дорогою поет із поліцаєм розговорилися про нічні пивниці, про життя взагалі, про дивні знаки на небі й ще про всяку всячину; тільки політика не цікавила обох. Отак, ведучи дружню й повчальну розмову, й дійшов поет до поліції.

– Ви пан Ярослав Нерад, поет, так? – спитав його д-р Мейзлік.
– Ви були свідком того, як невідомий автомобіль збив Божену Махачкову?

– Так, – зітхнув поет.

– А ви можете описати той автомобіль? Відкритий він був чи закритий, якого кольору, скільки душ у ньому їхало, який його номер?

Поет хвилинку напружено думає, потім відповів:

– Не знаю. Я не помітив.

– Може, хоч якусь подробицю згадаєте? – наполягав Мейзлік.

– Ну що ви! – аж здивувався поет. – На подробиці я ніколи не звертаю уваги.

– Пробачте, а що ж ви тоді взагалі помітили? – спитав Мейзлік іронічно.

– Ну... загальний настрій, – відповів поет непевно. – Розумієте, безлюдна вулиця... – Раптом він схопився. – Та я ж написав про це вірші, як прийшов додому!

І заходився шпортатись у кишенях, видобуваючи один за одним рахунки, старі конверти та ще якісь папірці.

– Ні, це не воно, – мурмотів він. – І це не воно. Стривайте – здається, оце, – сказав він, вступившись у щось написане на внутрішньому боці розірваного конверта.

– Ану покажіть, – мовив Мейзлік поблажливо.

– Та це дурниця, – засоромився поет. – Але, як хочете, я вам прочитаю.

І, натхненно закативши очі під лоб, він співуче продекламував:

**Будинків ряд темнішав крізь ажур,
Світанок вже заграє на мандоліні
Рум'яній діві. В дальній Сінгапур
Неслися Ви у гоночній машині.
Розтертий в порох зламаний тюльпан.
Безвольність... забуття... замовкли страсті...
О шия лебеда! О перса! Барабан
І палички – сповісники нещастя!**

– Оце й усе, – закінчив Нерад.

– Пробачте, а що це означає? – спитав Мейзлік.

– Та це ж усе про ту пригоду з автомобілем, – здивувався поет.

– Невже не зрозуміло?

– По-моєму, не дуже, – сказав д-р Мейзлік критично, – Чогось я з цих віршів не бачу, що п'ятнадцятого липня о четвертій годині ранку на Житній вулиці автомобіль із таким і таким номером збив п'яну шістдесятирічну жебращку Божену Махачкову. Потерпіла відвезена в тяжкому стані до міської лікарні. Про всі ці факти, наскільки я помітив, у вашому вірші не згадано, добродію.

– Так це ж тільки сира, поверхнева дійсність, – відказав поет, обмацуючи свій ніс. – А поезія – то дійсність внутрішня, глибинна. Поезія – це вільні, надреальні уявлення, які дійсність будить у підсвідомості поета, розумієте? Ну, всякі зорові та слухові асоціації. Ось їх і повинен сприйняти читач, і тоді він зрозуміє вірші, – докірливим тоном пояснив Нерад.

– Е, ні, даруйте, – насупився Мейзлік. – А втім – дайте-но мені цей ваш опус. Ну, ось ви тут написали: "**Будинків ряд темнішав крізь ажур**". Поясніть, будь ласка, як це розуміти.

– **Житня вулиця**, – спокійно відказав поет. – Два ряди будинків.

– А чому це саме Житня, а не Національний проспект, скажімо? – запитав Мейзлік скептично.

– Бо Національний проспект не такий рівний, – переконливо відповів Нерад.

– Далі... "**Світанок вже заграє на мандоліні**". Ну, хай уже. Вибачте, але звідки тут рум'яна дівка?

– **Заграва**, – пояснив поет лаконічно.

– Ах так. "**В дальній Сінгапур неслися Ви у гоночній машині**".

Що це?

– Ну, це про ту автомашину, – розтлумачив поет.

– Вона справді була гоночна?

– Не знаю. Я мав на увазі те, що вона їхала **швидко**.

– Ага. "**В дальній Сінгапур...**". Ради бога, чому саме в Сінгапур?

Поет знизав плечима.

– Оцього вже не знаю. Може, тому, що там живуть **малайці**.

– А до чого тут малайці?

Поет розгублено засовався на стільці.

– Може, машина була **брунатного кольору**? – сказав він замислено. – Щось брунатне там напевне було, інакше звідки б узявся Сінгапур?

– А інші очевидці кажуть, що вона була синя, темно-червона або чорна, – відповів Мейзлік. – Бачте, який вибір. На числу ж кольорі спинитись?

– На моєму, – відказав поет. – Він приємніший.

– "**Розтертий в порох зламаний тюльпан**", – читав далі Мейзлік. – Зламаний тюльпан – це, виходить, **п'яна жєбращка**?

– Невже я мав так і написати – "п'яна жєбращка"? – уразився поет. – Для мене то була просто жінка, і все.

– Ага! А це що – "**О шия лебедя! О перса! Барабан і палички...**"? Це вільні асоціації?

– Покажіть-но, – трохи спантеличено попросив поет і схилив голову над папірцем. – Справді: "шья лебедя, перса, барабан і палички" – що ж воно таке?

– Про це ж я й питаю, – буркнув Мейзлік досить уципливо.

– Стривайте... – замислено мовив поет. – Щось там мусило бути таке, що підказало мені... Слухайте, а вам не здається, що двійка схожа на лебедину шию? Ось гляньте.

І написав олівцем цифру 2.

– Ага, – сказав Мейзлік вже уважніше. – А перса?

– Та це ж цифра три – дві кругленькі дужки, правда? – здивувався сам поет.

– Тут іще барабан і палички! – з напруженим інтересом вигукнув слідчий.

– Барабан і палички... – Нерад задумався. – Барабан і палички... може, це п'ятірка? Ось дивіться, – і він написав цифру 5. – Кругле черевце внизу – барабан, а над ним – палички.

– Заждіть... – Мейзлік написав на папірці число 235. – Ви, значить, певні, що машина мала номер двісті тридцять п'ять?

– Я взагалі не помітив ніякого номера, – рішуче заперечив Нерад. – Але щось таке там мусило бути, бо звідки ж воно взялось би в мене? – додав він якимось розгублено, вдивляючись у свій твір. – А знаєте, це найкращі рядки в усьому вірші.

Через два дні д-р Мейзлік завітав до поета; цього разу Нерад не спав, у нього була якась дівчина, і він марно шукав очима вільний стілець, щоб посадити слідчого.

– Та я на одну хвилиночку, – сказав Мейзлік. – Я тільки зайшов сказати, що машина мала номер двісті тридцять п'ять.

– Яка машина? – здивувався поет.

– "О шия лебедя! О перса! Барабан і палички..." – одним духом випалив Мейзлік. – І з Сінгапуром теж правда.

– А! – згадав поет. – От бачте, це вам і є внутрішня дійсність. Хочете, я прочитаю вам ще кілька своїх віршів? Тепер ви вже розумітимете їх.

– Хай іншим разом, – квапливо відповів слідчий. – Коли знов буде якась така справа, я вас запрошу.

Слід відмітити, що побудова асоціативних ланцюгів, зокрема, лежить у основі методу фокального об'єкту, який буде розглянутий нижче.

4.3.2.6 Фантастична аналогія

Фантастична аналогія полягає у тому, що вводяться будь-які фантастичні засоби чи персонажі, які виконують те, що потрібно за умовою задачі. Необхідно уявити собі об'єкт, процес, ситуацію такими, якими ми б хотіли їх бачити, незважаючи на реальні обмеження. Наприклад, дорожня сумка, що не має ваги і не займає обсягу, парасолька, що з'являється лише тоді, коли починається дощ і зникає в сонячну погоду і т. ін.

Приклад 4.18 Видобування корисних копалин у космосі

У США запропоновано ідею видобування корисних копалин у космосі, яка полягає у доставці металів з астероїдів на землю. Для цього треба підшукати астероїд масою близько 1 млрд. тон і

необхідного складу, відбуксувати його на навколоземну орбіту, переплавити за допомогою сонячної енергії на зливки від 1 тони до 10 тон кожен і направити їх за балістичною траєкторією на Землю в спеціальне місце, а далі – справа вже земної техніки.

Приклад 4.19 Видалення радіоактивних відходів

Для закидання радіоактивних відходів за межі Сонячної системи пропонується побудувати електромагнітну катапульти.

З розвитком електроніки, мехатроніки та робототехніки, появою сучасних комп'ютерів, інтернету тощо багато фантастичних ідей перетворилися на реальність. Тепер можна не тільки миттєво зв'язатися з будь-якою точкою світу, знайти будь-яку інформацію, а й здійснювати багато видів робіт та навчання віртуально: робити покупки, встановлювати ділові контакти, заключати контракти, проводити біржові та інші ділові операції, аукціони. GPS-навігатори та бортові комп'ютери для керування автомобілями, автоматизоване вмикання-вимикання світла за допомогою датчиків руху, "розумний дім", створення виробів за допомогою 3D-принтерів – ще недавно про це можна було лише читати у фантастичних творах, а сьогодні все це стало реальністю, і ці можливості щодня розширюються.

4.3.3 Алгоритм синектичного процесу

Синектичний процес складається з п'яти основних кроків. Його структура схематично представлена на рис. 4.6.

Крок 1. Обговорення проблеми в тому вигляді, як вона дана.

Дуже багато залежить від розуміння задачі: первісні умови не завжди ясні, нерідко вони підштовхують до невірної напрямку. Тому розв'язання потрібно починати із з'ясування й уточнення задачі.

На цьому етапі важливо не формулювати проблему конкретно. Учасники робочої групи повинні дізнатися про неї тільки в загальних рисах. У деталі спочатку може бути присвячений тільки керівник групи.

На цьому етапі учасники висловлюють навіть абсурдні ідеї. По-перше, це допомагає відсівати найперші думки, які приходять в голову і які можуть утруднити появу нових ідей. По-друге, виявляються слабкі місця в судженнях учасників.

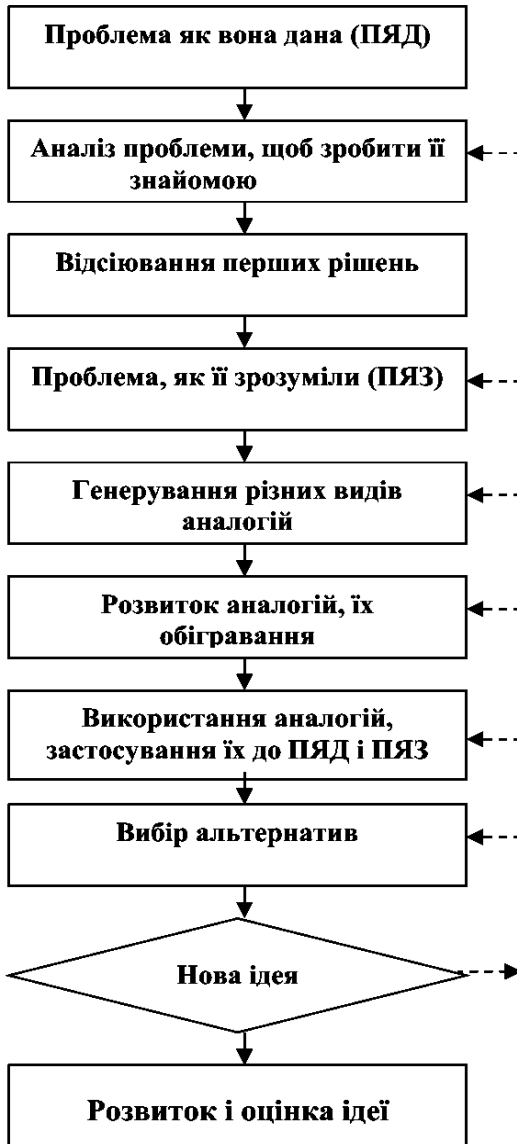


Рисунок 4.6 – Структура синектичного процесу [1]

Крок 2. *Формулювання проблеми в тому вигляді, як її зрозуміли.*

Після того, як група розібралася з суттю проблеми, учасникам дається завдання сформулювати її так, як вони її розуміють або ж як вони її бачать. Це робиться для виявлення напрямків, за якими можна було б продовжити пошук розв'язання задачі. На цьому етапі одна велика проблема ділиться на кілька простих маленьких.

По закінченні керівник групи і запрошений експерт вибирають одне найбільш точних формулювань.

Крок 3. *Народження ідей в обраному напрямку.*

Процес генерації ідей починається з екскурсу у різні області техніки, живої природи, політики, соціології, психології, машинобудуванні, хімії і т. ін. Задача такого екскурсу – виявлення рішень аналогічних проблем в цих областях. Такий підхід дозволяє знайти безліч точок зору на ПЯЗ і активізувати творче мислення.

Екскурс починає керівник. Він просить привести приклади-прецеденти, в яких має місце розглянута ситуація або дуже схожа до неї.

На цьому етапі учасники висловлюють свої ідеї, працюючи з шістьма аналогіями-операторами.

Крок 4. *Зв'язок знайдених ідей і початкової проблеми.*

На цьому етапі ведучий підводить підсумки згенерованим ідеям, повертає групу до поставленої задачі. Група намагається пов'язати отриманий матеріал із задачею в тому вигляді, в якому вона була поставлена. Найважливішим фактором на цій стадії є критична оцінка запрошеного експерта.

Якщо все, що згенерувала група, важко піддається реалізації, всі етапи повторюються заново.

Крок 5. *Опрацювання кращої ідеї.*

Відбувається розвиток і опрацювання кращої ідеї із запропонованих. Далі проводяться аналіз отриманих результатів, експерименти, новий аналіз нових даних, доробка ідеї і т. ін. Синектори шукають найкращі способи реалізації поставленої проблеми.

4.4 Метод маленьких чоловічків

Метод маленьких чоловічків (ММЧ) – вид особистої аналогії (емпатії), що є однією з обов'язкових аналогій у методі "синектика". Сутність емпатії у тому, що людина, що вирішує задачу, вживається в образ аналізованого об'єкта і намагається здійснити необхідні дії. Практика показує, що за допомогою емпатії вдавалося вирішувати дуже складні задачі, одержувати цінні ідеї. Однак емпатія не завжди працює ефективно. У тих випадках, коли людині потрібно поставити себе на місце об'єкта, який необхідно розрізати, роздрібнити на дрібні шматочки, розчинити в кислоті і т. ін., мимоволі спрацьовують захисні механізми, які блокують думку. Неподільність людського організму заважає успішно застосовувати емпатію для розв'язання багатьох задач.

Цей недолік емпатії усунений у ММЧ, який може застосовуватися як окремий метод, так і одним з етапів алгоритмів розв'язання винахідницьких задач [9].

Суть цього методу полягає в тому, щоб уявити об'єкт у вигляді безлічі ("юрби") маленьких чоловічків. Вибір саме чоловічків пояснюється тим, що для моделювання потрібно, щоб маленькі частки бачили, розуміли, могли діяти, ці вимоги якомога краще асоціюються з людиною: у неї є очі, мозок, руки.

У ММЧ збережена сильна сторона емпатії і відсутні властиві їй недоліки.

Техніка застосування методу зводиться до простих операцій:

- виділяють ту частину об'єкта, що не справляється з технічним протиріччям, і зображують її у вигляді юрби маленьких чоловічків;

- чоловічки поділяються на групи, що діють (переміщуються) за умовами задачі;

- отримана модель перебудовується і розглядається так, щоб виконувалися обов'язкові умови задачі і, у той же час, була б забезпечена необхідна дія.

В історії науки відомі випадки, коли стихійно і однократно застосовувалося щось схоже на ММЧ. Так Дж. Максвелл, творець класичної електродинаміки, при розробці теорії газів уявив собі дві посудини з газами при однаковій температурі. Максвелла цікавило питання: як зробити, щоб в одній посудині виявилися швидкі молекули, а в іншій – повільні? Оскільки температура газів однакова, самі по собі молекули не розділяються: у кожній посудині в будь-який момент часу

буде певна кількість швидких і повільних молекул. Максвелл уявно з'єднав судини трубкою з "дверцятами", що відкривали й закривали "демони" – фантастичні істоти приблизно молекулярних розмірів. "Демони" пропускали з однієї посудини в іншу швидкі частки і закривали дверцята перед повільними частками [19].

Другий випадок, дуже близький до ММЧ, зв'язаний з винаходом німецьким хіміком-органіком Ф. Кекуле (1865 р.) циклічної формули бензолу. "Одного разу, – розповідає Кекуле, – увечері, перебуваючи у Лондоні, я сидів в омнібусі і розмірковував про те, яким чином можна зобразити молекулу бензолу C_6H_6 у вигляді структурної формули, що відповідає властивостям бензолу. У цей час я побачив клітку з мавпами, що ловили одна одну, то схоплюючись між собою, то знову розчіпляючись, і одного разу схопилися таким чином, що склали кільце. Кожна однією задньою лапою трималася за клітку, а інша трималася за другу її задню лапу обома передніми, хвостами вони весело розмахували по повітрю. Таким чином, п'ять мавп, схопившись, утворили коло, і в мене відразу ж блимнула в голові думка: от зображення бензолу". Так виникла приведена вище формула, вона нам пояснює міцність бензолного кільця [20].

Епізоди з Максвеллом і Кекуле неодноразово описувалися авторами, але ніхто ще їх не зв'язував разом і не замислювався над питанням: от два випадки в різних галузях науки, чому б не перетворити ці випадки в метод, використовуваний свідомо.

Приклад 4.20 Задача про замикання контактів

Умова задачі

До внутрішніх стінок зробленої з діелектрика трубки попарно підведені контакти. Для замикання контактів використовують вільне падіння металевої кульки (усередині трубки вакуум, а пари контактів розташовані на певній відстані один від одного). Тут, однак, виникають труднощі: щоб кулька вільно падала, вона не повинна стикатися з контактами і стінками трубки, а щоб замкнути контакти, кулька повинна з ними стикатися. Як бути? Змінювати загальну схему пристрою (вакуумна трубка і вільно падаючий вантаж, що замикає контакти) і пропонувати інші способи замикання, наприклад, за допомогою фотоелементів, магнітних полів і т. ін. не можна (рис. 4.7).

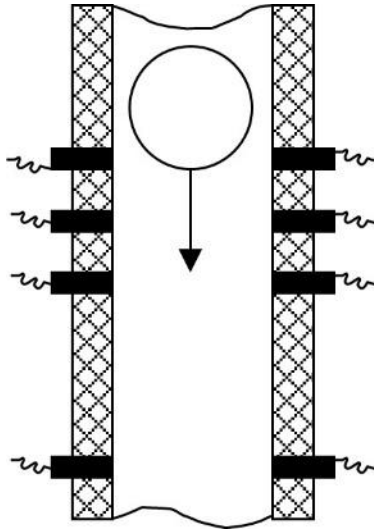
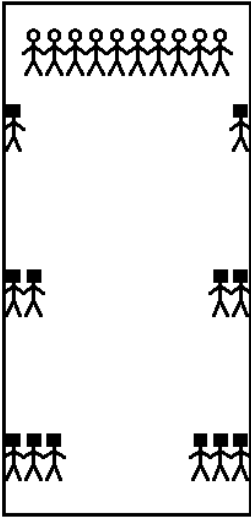


Рисунок 4.7 – Механізм замикання контактів у трубці

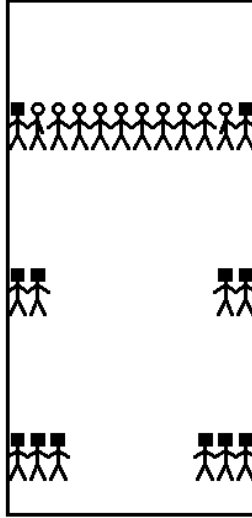
Розв'язання

Пристаючи до розв'язання задачі, з метою зниження психологічної інерції мислення бажано замінити термін "металева кулька", що замикає контакти, "падаючим вантажем", чи, ще краще, нейтральним терміном "замикалка", тобто чимось таким, що замикає контакти при вільному падінні. При цьому ми бачимо вже не металеву кульку, а якусь "замикалку", що вільно переміщується в трубці, і під час свого руху надійно замикає кожну пару контактів, не відчуваючи при цьому ніякого гальмування.

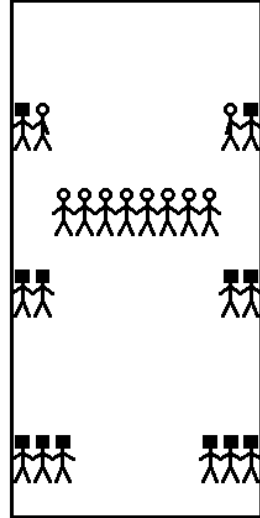
Ідею усунення протиріччя "контакт повинен бути і не повинен бути" підказує послідовність рисунків, на яких "замикалка" – це чоловічки з круглими головами, а контакти – чоловічки з квадратними зафарбованими головами (див. рис. 4.8).



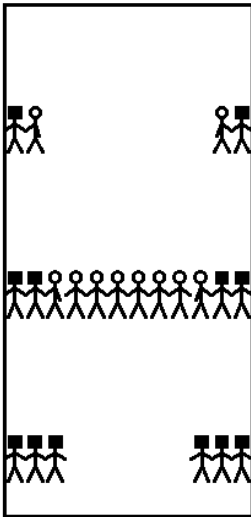
а)



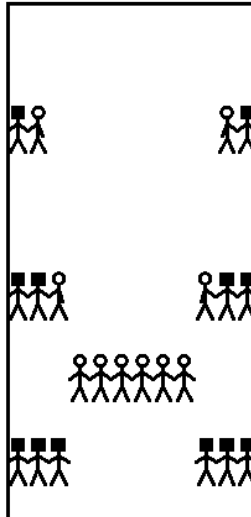
б)



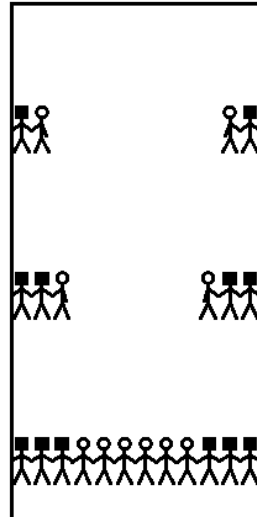
в)



г)



д)



е)

Рисунок 4.8 – Моделювання задачі за допомогою ММЧ

Позиція 1 (рис. 4.8, а). Ланцюжок чоловічків з круглими головами, взявшись за руки, імітують "замикалку", що рухається униз, чоловічки з квадратними зафарбованими – групи контактів.

Позиція 2 (рис. 4.8, б). Дійшовши до першої групи контактів, крайні чоловічки "замикалки" хапаються руками за чоловічків контактів, відпускаючи при цьому руки, які утримують їх у ланцюжку "замикалки".

Відбулося замикання першої групи контактів.

Позиція 3 (рис. 4.8, в). Решта чоловічків ланцюжку "замикалки", тримаючись за руки, рухаються далі.

Позиція 4 (рис. 4.8, г). Дійшовши до другої групи контактів, крайні чоловічки нового ланцюжку "замикалки" хапаються за чоловічків контактів, відпускаючи при цьому руки, які утримують їх у ланцюжку "замикалки".

Відбулося замикання другої групи контактів.

Позиція 5 (рис. 4.8, д). Решта чоловічків ланцюжку "замикалки", тримаючись за руки, рухаються далі.

Позиція 6 (рис. 4.8, е). Дійшовши до третьої групи контактів, крайні чоловічки ланцюжку "замикалки" хапаються за чоловічків контактів.

Відбулося замикання третьої групи контактів.

Якщо ця група контактів остання, чоловічки "замикалки" можуть не відпускати руки, залишаючись суцільним ланцюжком, як показано на рис. 4.8, е.

Якщо ще є групи контактів, процес продовжується доти, доки всі групи контактів не будуть замкнені.

Таким чином, забезпечується постійне та надійне замикання усіх груп контактів при збереженні умови вільного падіння.

Отримана серія рисунків наочно показує ідею розв'язання задачі. Якщо "замикалку" реалізувати у вигляді набору концентричних кілець різного діаметру, то кожна пара контактів буде затримувати тільки "своє кільце", не заважаючи руху інших кілець (див. рис. 4.9).

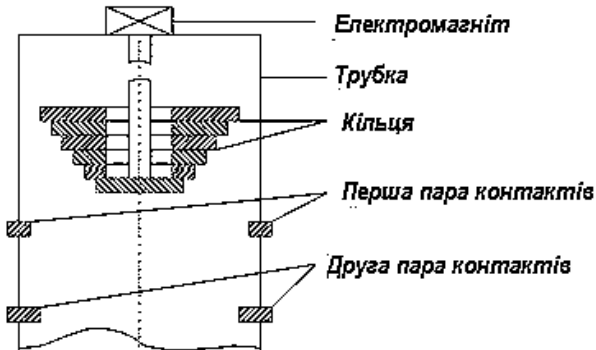


Рисунок 4.9 – Розв'язання задачі про замикання контактів

4.5 Метод фокального об'єкта

Метод фокального об'єкта (МФО) є одним з евристичних методів розв'язання винахідницьких задач та активізації творчого мислення.

Він заснований на приєднанні до вихідного (фокального) об'єкта властивостей інших, обраних випадково, об'єктів. Завдяки цьому цей метод має іншу назву: метод випадкових об'єктів.

Відправні точки техніки – асоціативний пошук і евристичні властивості випадковості, завдяки чому однією з переваг МФО є сприяння розвитку асоціативного мислення.

Вперше метод запропонував професор Берлінського університету Фрідріх Кунце у 1926 р., назвавши його "методом каталогу" [21].

Пізніше його дослідженнями зацікавився американський вчений Чарльз Вайтінг, який у 1958 р. вперше застосував термін "фокальні об'єкти", маючи на увазі, що об'єкт, який вдосконалюється, лежить у фокусі перенесення характеристик.

Перенесення на досліджуваний об'єкт властивостей інших об'єктів, ніяк не пов'язаних з вихідним, нерідко дає сильні рішення, оскільки дозволяє поглянути на умови під іншим, неочевидним кутом. При цьому техніка застосування проста і інваріантна.

Але цей метод не позбавлений і недоліків.

Застосовуючи його, немає ніякої гарантії, що ви отримаєте сильне рішення.

Також слабкими сторонами є непридатність в роботі зі складними технічними задачами і відсутність чіткості при виборі критеріїв оцінки одержуваних ідей. Це значно обмежує області його застосування.

Найчастіше МФО застосовується для пошуку інноваційних та незвичайних рішень. Наприклад, при:

- модифікації пристроїв і технологій;
- застосуванні відомих товарів і послуг в нових сферах або іншим способом;
- розширенні асортименту продукту і продуктових лінійок;
- створення креативних заголовків і неймінга.

Основою МФО є алгоритм з шести послідовних кроків.

Крок 1. *Вибір фокального об'єкта, який потрібно вдосконалити.*

Це може бути окремий предмет, продукт або послуга, департамент компанії або компанія цілком.

Крок 2. *Визначення мети розвитку або вдосконалення продукту.*

Для цього слід відповісти на питання: "Навіщо ми міняємо фокальний об'єкт?", тоді ідеї будуть рівнозначні і їх можна порівнювати одну з однією.

Важливо: якщо сформулювати мету і не прогнозувати можливі шляхи розвитку об'єкта, є ризик згенерувати ідеї, які важко порівняти одну з однією на етапі вибору ідей.

Крок 3. *Вибір випадкових об'єктів.*

Слід знайти від трьох до п'яти іменників різної тематики, які відрізняються від об'єкта вдосконалення.

Якщо взяти менше трьох об'єктів, метод не спрацює, якщо більше п'яти – знадобиться дуже багато часу на пошук ідей.

Слова можна придумати або вибрати з будь-якої книги. При цьому краще використовувати випадкові слова з різних областей: техніка, поезія, фантастика, явища природи, живі об'єкти та ін. Слова не повинні відноситися до тієї ж області, що і сам фокальний об'єкт.

Крок 4. *Вибір властивостей випадкових об'єктів.*

Рекомендується вибрати від трьох до п'яти властивостей, притаманних випраним випадковим об'єктам. При цьому слід уникати банальних визначень, таких слів як: гарний, жовтий, трикутний, важкий, надійний і т. ін. Вони підходять майже до будь-якого об'єкта, тому висока ймовірність того, що при асоціюванні з фокальним об'єктом вони не дадуть цікавого поєднання.

Можна вибирати властивості, ознаки, які об'єкт проявляє лише іноді. Наприклад: трактор – який застряг, вітер – завиваючий, паркан – брудний, похилений, кішка – голодна, квітка – дірява.

Крім прикметників можна підбирати пов'язані з ними іменники і дієслова. Вони можуть дати більш ємкі, складні і цікаві асоціації.

Крок 5. Поєднання знайдених властивостей з фокальним об'єктом.

При цьому слід виписати всі варіанти отриманих поєднань, з'єднавши їх в читане словосполучення, і розглядати будь-які асоціації, які виникнуть.

Отримані варіанти слід аналізувати та доводити до ідей за допомогою асоціацій. Для цього можна спробувати відповісти на кілька запитань:

- які асоціації виникають з кінцевим словосполученням;
- які існуючі рішення можна описати цим словосполученням;
- чим може бути корисний об'єкт з такими властивостями;
- для чого він буде потрібен;
- хто буде користуватися новим об'єктом?

Крок 6. Оцінка отриманих рішень.

Слід розглянути отримані рішення ще раз з точки зору їх захопливості, ефективності та життєздатності. Особливо важливо поєднати їх з метою вдосконалення, висловленою на кроці 2.

У цьому процесі допоможуть відповіді на такі запитання:

- чи допомагає ідея досягти поставленої мети;
- чи допомагає вона в досягненні інших цілей;
- чи цікава ідея потенційним споживачам;
- який попит є або може бути на подібні продукти;
- чи можна реалізувати цю ідею;
- чи є для її реалізації достатні ресурси;
- чи ефективна ідея з точки зору витрат на її реалізацію?

На цьому етапі від деяких ідей треба відмовитися, але у загальній сукупності завжди знайдеться декілька цікавих ідей, гідних для втілення.

Приклад 4.21 Вдосконалення смартфона

Фокальний об'єкт: смартфон.

Випадкові слова: антикваріат, двері, біржа.

Властивості випадкових об'єктів:

антикваріат: дорогий, ексклюзивний, єгипетський;

двері: вхідні, скляні, ті, що крутяться;

біржа: валютна, непередбачувана, лондонська.

Аналізуючи поєднання, знаходимо такі ідеї для вдосконалення смартфона:

– смартфон дорогий: з інкрустацією;

– смартфон ексклюзивний: з біоідентифікацією власника;

– смартфон єгипетський: для дайвінгу;

– смартфон вхідний: з керуванням розумним будинком;

– смартфон скляний: з корпусом із сапфірового скла;

– смартфон, що крутиться: з поворотною камерою;

– смартфон валютний: з інтегрованою картою для оплати

покупок в оф лайні;

– смартфон непередбачуваний: з генерацією пропозицій "куди піти увечері після роботи";

– смартфон лондонський: виконаний у дизайні червоної англійської телефонної будки.

4.6 Морфологічні методи

Морфологічні методи були розроблені та сформульовані для багатовимірних проблем, які не піддаються кількісній оцінці і де причинне моделювання та симуляція не дають потрібного результату.

Прообразом цих методів вважається *Арса Магна (Велике мистецтво)* – щось на кшталт логічної машини, яку ще у XII сторіччі вигадав монах та богослов Раймунд Луллій. Машина являла собою кілька концентричних дисків, розкреслених на сектори, в яких були написані різні слова. Повертаючи диски один щодо одного, можна було отримувати величезну кількість нових словосполучень, фраз. Луллій використав свою машину для доказу "буття божого", але у XVIII сторіччі великий сатирик Джонатан Свіфт, описуючи в "Подорожі Гулівера" лапутянську академію наук, висміяв спроби за допомогою подібної машини відкривати нове.

І все ж таки винахід Луллія не пропав даремно – в сорокових роках XX сторіччя цю ідею використав американський астрофізик швейцарського походження Фріц Цвіккі. Під час Другої світової війни в США, як і в інших країнах, гарячковими темпами вели роботи зі створення ракет, реактивних двигунів тощо. До цих робіт залучили

Цвіккі, який переїхав до США зі Швейцарії. Він дивувався: одна група розробляє один тип двигуна, інша – інший, а чому саме такий, а не інший – ніхто не замислювався. Тоді Цвіккі, привчений своїми астрономічними заняттями до порядку, систематизації, вирішив збудувати систему з різних типів двигунів. Він склад список найважливіших елементів (ознак), визначальних конструкцію двигунів: А – ресурси палива; Б – агрегатний стан палива; В – агрегатний стан середовища; Г – спосіб створення тяги тощо – всього 11 ознак. Потім за кожною ознакою було виписано варіанти його виконання: А1 – паливо, запасене на борту ракети; А2 – паливо надходить із зовнішнього середовища; Б1 – паливо газоподібне; Б2 – рідке; Б3 – тверде тощо. Потім почав розглядати всілякі варіанти поєднань типу А1, Б3, В2, Г3, Д1... Таких варіантів вийшло дуже багато – близько 37 тисяч. Проаналізувавши їх, Цвіккі зумів знайти чимало нових поєднань, на які отримав низку патентів.

Але головним результатом роботи Цвіккі стали не конкретні винаходи у області ракетобудування, а нові методи, які він застосовував для їхнього знаходження і які згодом отримали назву "морфологічних методів".

Спочатку методів було сім, згодом Цвіккі зупинився на трьох основних, вважаючи інші або недостатньо ефективними, або недостатньо самостійними. В тому числі:

- метод заперечення та конструювання (МЗК);
- метод систематичного покриття поля (МСПП);
- метод морфологічної скрині (ММС) [22].

Сукупність методів Цвіккі одержала назву "**морфологічний підхід**".

Взагалі кажучи, на думку Цвіккі, морфологічний підхід – це зовсім не метод і не сукупність методів, а своєрідний світогляд. Ось як він сам писав у передмові до однієї зі своїх книг [23]:

*"Мета морфологічного дослідження – побачити перспективу повного "поля знань" про предмет. Це може бути поле матеріальних об'єктів, поле явищ або поле відносин, концепцій, ідей чи теорій. Щоб отримати бажану загальну перспективу такого поля, морфолог ("**morphologist** – термін Ф. Цвіккі) повинен мати внутрішню мотивацію до дослідження. Одні мають такі здібності, інші – ні, і чому це так, досі залишається таємницею природи, зараз ми просто*

повинні прийняти за аксіому той факт, що лише небагатьом дана здатність відмовитися від усіх основних упереджень. Це люди, не поневолені догматизмом, яких не похитнуть ані групові інтереси, ані расовий, релігійний чи партійний фанатизм, і які в разі потреби можуть йти і йдуть поодинокі на будь-які проблеми життя, саме вони – уроджені морфологи".

4.6.1 Метод заперечення та конструювання

Основою методу служить принцип: будь-яке твердження, сформульоване в кінцевих і цілком певних термінах, не може бути абсолютно правильним. Інакше, будь-яке правило, будь-який закон, будь-яку умову можна і потрібно ставити під сумнів, оскільки вони мають обмежену сферу дії [22].

Названий принцип підтверджується всім ходом історії науки: навіть основоположні її постулати, які в момент становлення претендують на абсолютну загальність, зрештою переходять у ранг часткового твердження, справедливого у певній галузі, поступаючись місцем черговому "загальному" закону.

*Найбільш яскравий **приклад** прояву цього принципу – неевклідова геометрія. Дві тисячі років геометрія на площині ґрунтувалася на п'яти постулатах Евкліда. Але якщо перші чотири постулати сприймалися справді як аксіоми, то п'ятий – постулат про паралельні прямі – викликав у математиків усіх часів почуття незадоволення, дискомфорту: дуже вже він був схожий на теорему, яку так і хотілося довести. Одним із тих, хто намагався довести цю теорему, був ректор Казанського університету М.І. Лобачевський. Він вибрав спосіб підтвердження "від неприйнятнього", тобто припустив, що твердження "через точку, що не лежить на даній прямій, проходить не більше ніж одна пряма, що лежить з даною прямою в одній площині і не перетинає її", невірне, і вирішив будувати всі наслідки та висновки на основі нового комплексу постулатів - чотири старі і п'ятий - новий, змінений таким чином: замість "не більше ніж одна пряма" він поставив "принаймні дві прямі". Очевидно, якщо вихідне твердження неправильне, то, будуючи на його основі нові та нові теореми, наслідки та висновки, можна на якомусь етапі дійти нісенітниць, що й має свідчити про невірність вихідної передумови.*

Лобачевський формулював по черзі всі теореми, за аналогією з теоремами евклідової геометрії, але абсурду ніде не було видно... На

якомусь етапі він зрозумів, що створив нову, внутрішньо несуперечливу геометрію, і опублікував свою працю, яка згодом лягла в основу теорії відносності (теж, до речі, теорії, отриманої запереченням одного з основних положень ньютонівської механіки та заміною його на принципово інший постулат) і з'ясувалося, що ми живемо у світі, де площина – насправді не площина, а поверхню з від'ємною кривизною.

В техніці метод заперечення та конструювання дуже плідний, причому найбільшу евристичну силу він має на стадії постановки задачі, формулювання мети. Процедурно він зводиться до трьох послідовних етапів:

4.6.1.1 В досліджуваному об'єкті (це може бути реальна, діюча технічна система, але може бути і технологія, і будь-який інший об'єкт будь-якої природи та елементного складу, реальний чи уявний) виявляють його ознаки, характеристики, властивості або інші атрибути, суттєві для виконання його головної корисної функції. У деяких випадках достатньо визначити лише одну таку ознаку.

4.6.1.2 Заперечують одну з виявлених ознак, відмовляються від неї і замінюють її принципово іншою ознакою, не обов'язково протилежною.

Наприклад, при розробці нового об'єкта на основі настінного годинника можна заперечувати його властивість "показувати місцевий час" і замінити його, залежно від призначення, такими:

- показувати час, що залишився до кінця заданого інтервалу (наприклад, до кінця робочої зміни);
- показувати час із сходу сонця;
- показувати температуру, тиск або ще якусь погодну характеристику або їхню комбінацію;
- показувати фазу місяця, рівень сонячної активності або інший космічний фактор, що впливає на здоров'я та самопочуття.

4.6.1.3 Конструюють (спочатку подумки, а при успішному завершенні "уявного конструювання" – у натурі) новий об'єкт із цією заміненою характеристикою. Інші характеристики, які пов'язані із заміненою, залишають тими самими, що у вихідному об'єкті.

4.6.2 Метод систематичного покриття поля

Схема методу пояснюється на рис. 4.10, на якому "поле знань" про об'єкт дослідження умовно позначене у вигляді певної замкненої плоскої області [22].

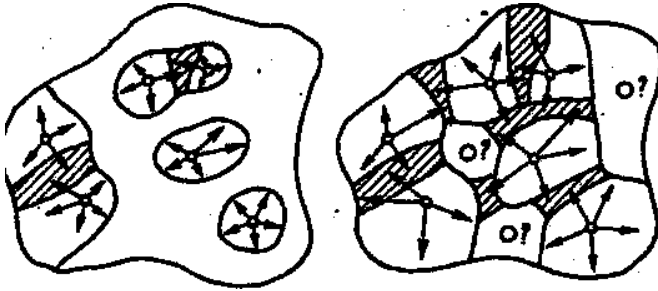


Рисунок 4.10 – Схема методу систематичного покриття поля

Насправді, починаючи вивчення будь-якого об'єкта, дослідник спочатку має у своєму розпорядженні лише дуже мало відомих положень, тобто, експериментальних фактів чи теоретичних тверджень, які можна назвати "віхами знань". Пізнання об'єкта дослідження фактично будується як перехід від кожної з цих "віх" (позначених кружальцями на рис. 4.10), причому частина поля знань "покривається" областями, керованими однією-єдиною "віхою" (тобто прямими наслідками з конкретного вихідного положення), якась частина покрита заштрихованими на рис. 4.10 перетинами таких областей (тобто наслідками, що використовують два або більше вихідних положень), а якась частина залишається "непокритою" (тобто щодо об'єкта дослідження існує група питань або ситуацій, для яких на даний момент немає ясних та однозначних відповідей).

Метод систематичного покриття поля (МСПП) рекомендує послідовно екстраполювати наявні знання до невивчених ділянок поля, намагаючись перекрити його повністю, тобто, з одного боку, знайти відповіді на всі питання, що мають відношення до об'єкта дослідження, а з іншого боку, подумки побудувати всі ситуації та наслідки, що впливають із уже наявних знань (для того, щоб потім цим наслідкам і ситуаціям знайти відповідність у реальному світі). Діючи таким чином, можна очікувати, що:

- нічого не буде втрачено з поля зору;

– існує можливість зробити відкриття.

Цей "детективний" спосіб роботи Цвіккі використовував в астрофізиці протягом кількох десятиліть для виявлення, пошуку та передбачення нових космічних об'єктів та явищ. Використовуючи лише п'ять основних положень астрофізики, він пророкував і виявив карликові галактики, компактні галактики всіх типів (від блакитних до інфрачервоних) та кластери компактних галактик. За його прогнозом було відкрито нейтронні зірки. З нездійснених до 1967 р. передбачень Цвіккі слід зазначити компактні галактики, насичені нейтронними зірками, суто світлові космічні "кулі", а також світлові "кулі", напхані нейтронними зірками. Останні ультракомпактні об'єкти сильно нагадують "чорні дірки", існування яких зараз не викликає сумніву. Ці об'єкти були висунуті Цвіккі як найбільш вірогідні кандидати на модель квазізоряних радіоджерел, а також звичайних компактних галактик, що радіомовчать.

4.6.3 Метод морфологічної скрині

Незважаючи на те, що найбільш серйозні досягнення Цвіккі відносяться до двох розглянутих вище методів, найбільшу популярність отримав все ж таки метод морфологічної скрині (ММС), який "узурпував" загальну назву "морфологічний аналіз".

Переваги цього методу:

- ММС є єдиним "алгоритмізованим" методом із набору Цвіккі;
- ММС найбільш доступний розуміння звичайним інженерам, а не "морфологам від народження" [22].

В результаті використання цього методу Цвіккі отримав технічні рішення у багатьох галузях техніки, створивши нові вибухові речовини, силові установки, метод комбінованої фотографії та багато чого іншого. В 1942 р., беручи участь у дослідженнях ракетних двигунів, він отримав значну кількість оригінальних технічних рішень, серед яких, як виявилось пізніше, буди ідеї, втілені у німецьких ракетах ФАУ-1 та ФАУ-2 з імпульсними двигунами. Будучи кабінетним вченим-астрофізиком, він протягом кількох років отримав 16 патентів на нові конструкції ракетних двигунів на хімічному паливі і висунувся до ряду провідних фахівців ракетобудування.

У тому ж році Цвіккі оприлюднив низку методів, якими рекомендувалося користуватися при вирішенні наукових та технічних задач.

З 50-х років ХХ сторіччя метод став широко розповсюджений у США, країнах Європи, а пізніше у СРСР [22].

ММС заснований на підборі можливих рішень для окремих частин задачі (так званих морфологічних ознак, що характеризують об'єкт аналізу) і подальшому систематизованому отриманні їх поєднань (комбінуванні). При цьому на основі одиничних, часткових, відомих рішень отримується множина усіх можливих рішень, тобто ціле будується за його частиною [24].

Застосовуючи метод, проблему поділяють на фундаментальні елементи (класифікаційні ознаки або категорії). Потім для кожного елемента задачі шукають сукупність можливих рішень і шляхом злиття конкретних рішень проблема в цілому повинна бути розв'язана.

Не існує "правильного" або "неправильного" способу використання цього методу, однак отримання достатніх знань про проблему має важливе значення для розробки найбільш ефективної морфологічної скрині.

Приклад 4.22 Удосконалення зовнішнього акумулятора Powerbank

Перший етап: точне формулювання проблеми.

Задача повинна бути визначена в короткому і чіткому описі.

Припустимо, ваша фірма виготовляє зовнішні акумулятори Powerbank і вам доручили відшукати для них нові оригінальні рішення. Перш за все треба визначити, яким вимогам повинна відповідати нова модель – робоча напруга, час роботи, габаритні розміри, маса і т. ін.

Другий етап: пошук напрямків функціонування розроблюваної системи або принципів її дії.

Цей етап визначає, що саме важливо для вирішення проблеми. Проблема ділиться на різні групи, що надають потенційні параметри, які можуть вирішити проблему.

Наприклад, вдосконалення акумулятора можна проводити за напрямками: принципи функціонування та комутації, параметри корпусу, службові характеристики тощо.

Третій етап: виявити і охарактеризувати всі параметри можливих рішень, тобто визначити класифікаційні ознаки (категорії) і їхні значення.

Для акумулятора категоріями це можуть бути, наприклад:

– у групі принципів функціонування – тип та кількість елементів живлення;

– у групі параметрів корпусу: форма, колір, матеріал;

– у групі службових характеристик: час роботи, час зарядки, додаткові функції тощо.

Під час пошуку якомога більшої кількості функцій для різних груп створюється безліч варіантів рішень. Тут пропонується застосовувати творчий підхід.

Наприклад, елементами живлення акумулятора можуть бути літій-іонні, сонячні батареї, елементи Пельтьє тощо.

Корпус може мати форму циліндричну, кубічну, у вигляді паралелепіпеду, його матеріалом може бути пластик, алюмінієвий сплав, металопластик, дерево.

Акумулятор може мати додаткові функції: годинник, додаткові роз'єми, картку пам'яті, водозахисну кришку.

Четвертий етап: сконструювати морфологічну скриню, яка буде містити всі рішення проблеми, оформивши її у вигляді морфологічної таблиці. Як бачимо, для різних категорій кількість значень, які вони приймають, може відрізнитися, тобто кількість стовпців у різних рядках не однакова. Приклад морфологічної скрині для розглянутого вище варіанту наведений у табл. 4.1.

П'ятий етап: провести перебір всіх варіантів рішень (кожен раз беремо по одному варіанту для кожного рядка). В результаті отримуємо пошукове поле (загальну кількість комбінацій), схематично наведене у вигляді табл. 4.2, яке необхідно перевірити на відповідність умовам завдання, несумісність окремих варіантів, достовірність і інші умови.

Таблиця 4.1 – Морфологічний аналіз акумулятора

Ознака		Значення, які може приймати ознаки			
№		1	2	3	4
1	Елемент живлення	іоно-літєвий	сонячна батарея	елемент Пельтьє	-
2	Форма корпусу	циліндр-рична	конусо-подібна	сфера	паралелепіпед
3	Матеріал корпусу	алюмінієвий сплав	пластик	металопластик	-
4	Захист від зовнішніх впливів	немає	повна герметизація корпусу	захист від перегріву	пило-непроникність
5	Додаткові функції	немає	картка пам'яті	додаткові роз'єми	годинник

Таблиця 4.2 – Приклад пошукового поля

Отримані варіанти рішень					
x	o	+	+	x	o
*	+	x	o	+	+
+	o	*	*	x	*
o	x	*	o	+	x

Позначення у табл. 4.2:

x – відомі рішення;

o – неможливі рішення;

+ – оригінальні рішення, які представляють інтерес;

* – рішення, які не розглядалися.

Шостий етап: *проаналізувати пошукове поле, вибрати декілька варіантів, які відповідають заданим критеріям, після чого з'ясувати, який є найбільш доцільним.*

Розглянемо декілька варіантів для наведеного прикладу.

Перший варіант 1 – 2 – 3 – 3 – 2: *акумулятор іоно-літєвий з конусоподібним корпусом з металопластику, з додатковим захистом від можливого перегріву та картою пам'яті.*

Другий варіант 2 – 4 – 1 – 1 – 4: акумулятор на сонячній батареї з корпусом у формі паралелепіпеду з алюмінієвого сплаву, без захисту від зовнішніх впливів та годинником.

Третій варіант 3 – 3 – 2 – 4 – 1: акумулятор на елементі Пельтьє з пластмасовим корпусом у формі сфери пилонепроникним без додаткових функцій.

При проведенні морфологічного аналізу слід звертати увагу на вибір оптимальної кількості категорій та відповідних їм значень. Якщо їх кількість досить невелика, можуть бути втрачені цінні результати, а якщо забагата, пошук потребує дуже багато часу.

Так, припустимо, в процесі аналізу було виділено k категорій, причому кількість значень для цих категорій становить: $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i, \dots, n_k$.

Загальна кількість варіантів, яку можна отримати для морфологічної таблиці, визначається за формулою:

$$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot \dots \cdot n_i \cdot \dots \cdot n_k$$

Наприклад, для повного аналізу даних, наведених у табл. 4.1, слід перебрати $N = 3 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 = 576$ варіантів.

Раніше це являло значну проблему, але з розвитком комп'ютерних технологій цей процес можна удосконалити та прискорити.

Використання морфологічного аналізу в техніці дозволяє систематизувати перебір варіантів, збільшити кількість варіантів, що розглядаються, виключити пропуск тих чи інших варіантів.

Але слід відмітити, що ці методи можуть бути застосовані у будь-якій сфері людської діяльності: соціології, економіці, мистецтві тощо. Так, наприклад, морфологічний аналіз дуже успішно використовується для отримання несподіваних поєднань слів (несподіваних кінцівок) в оповіданнях-мініатюрах [15]. Технологія створення таких оповідань базується на використанні різних модельних ситуацій (купівля, телефонна розмова, порівняння та ін.). Модель включає елемент, ознаки елемента та значення ознак елемента. Морфологічний аналіз у цьому випадку полягає в послідовному переборі всіх можливих для цього елемента станів, тому будується спеціальна морфологічна таблиця. В результаті послідовного перебору різних поєднань елемента, ознаки та значення ознаки випадковим чином можуть бути знайдені

найнесподіваніші кінцівки. Використовуючи такий найпростіший алгоритм, оповідання-мініатюри можуть успішно вигадувати навіть діти. Нижче наведені деякі приклади таких жартівливих творів.

Розмова у магазині:

- Дайте мені, будь ласка, чотири ручки.
- Вам дерев'яні чи металеві? Для вхідних дверей або дверей шафи?

- Будь-які, тільки щоб із синім стрижнем.

Телефонна розмова:

- Алло, покличте, будь ласка, Сою.
- Ви помилилися номером: у нас усі жайворонки.

У взуттєвому магазині:

- Дайте мені ті туфлі кольору стиглої вишні.
- Які саме? Їх у нас три пари.
- А ті, що стигліші.

4.7 Недоліки евристичних методів

Розглянуті вище методи пошуку нових рішень значно підвищують інтенсивність інженерної праці. Важливо відзначити, що всі ці методи є не тільки засобами вирішення проблем, але і психологічним інструментом розвитку інтелекту і творчих здібностей людини і у першу чергу її інтуїції, уяви, фантазії.

Серед інших методів, що активізують перебір варіантів і використовуються у теперішній час інженерами, винахідниками і раціоналізаторами, можна назвати методи: **метод контрольних запитань, низки асоціацій, семиразового пошуку, "матриць відкриттів", функціонального винахідництва** та ін.

Поява методів активізації перебору варіантів – знаменна віха в історії людства. Уперше на практиці була доведена можливість, нехай обмежено, керувати творчим процесом. Американські методологи творчості А. Осборн, Ф. Цвікі, Дж. Гордон показали, що здатність вирішувати творчі задачі можна і потрібно розвивати за допомогою

навчання. Був підірваний міф про "осаяння", що не піддається керуванню і відтворенню.

Однак, методам активації перебору варіантів властивий великий недолік: усі вони не спираються на закони діалектики, закони розвитку, не відштовхуються від того, що джерелом будь-якого розвитку є протиріччя, усі вони не враховують закономірностей у розвитку техніки [1].

До того ж, вони є дуже ефективними при роботі з задачами простої і середньої складності, котрі вимагають для своїх розв'язань від декількох десятків до декількох тисяч спроб, але ефективність значно зменшується, коли для знаходження сильного рішення потрібні сотні тисяч таких спроб.

У зв'язку з ускладненням техніки і, відповідно, ускладненням задач, розв'язуваних інженером, виникає необхідність відмови від кустарного методу спроб і помилок і перехід до принципово іншої технології удосконалювання технічних систем. Інженер повинен бути озброєний методикою переведення задач вищого рівня – ціною в багато тисяч спроб – на нижчий рівень, де досить усього кількох спроб. Саме таким інструментом є алгоритмічні методи пошуку рішень.

4.8 Контрольні питання до теми 4

- 1 Метод спроб і помилок. Його призначення.
- 2 Основні недоліки метода спроб і помилок.
- 3 Удосконалений метод спроб і помилок за Едісоном.
- 4 Історія створення мозкового штурму.
- 5 Суть та основні принципи мозкового штурму.
- 6 Етапи мозкового штурму.
- 7 Задача про захист транспортного судна від торпеди.
- 8 Правила проведення мозкового штурму.
- 9 Індивідуальний мозковий штурм.
- 10 Переваги та недоліки мозкового штурму.
- 11 Поняття синектики.
- 12 Суть синектичного процесу.
- 13 Вимоги до членів синектичних груп.
- 14 Пряма аналогія.
- 15 Зворотна аналогія
- 16 Особиста аналогія. Складнощі у її застосуванні.
- 17 Символьна аналогія.

- 18 Поняття оксюморона.
- 19 Образна аналогія. Ланцюг асоціацій.
- 20 Фантастична аналогія.
- 21 Структурна схема синектичного процесу.
- 22 Кроки синектичного процесу.
- 23 Метод маленьких чоловічків (ММЧ) як різновид особистої аналогії.
- 24 Застосування ММЧ у історії науки.
- 25 Особливості застосування ММЧ при розв'язанні задач, які містять технічні протиріччя.
- 26 Суть методу фокальних об'єктів (МФО).
- 27 Історія виникнення МФО.
- 28 Недоліки МФО.
- 29 Особливості застосування МФО.
- 30 Алгоритм МФО.
- 31 Наведіть приклад вирішення задачі на удосконалення технічного об'єкту за допомогою МФО.
- 32 Морфологічні методи.
- 33 Метод заперечення та конструювання.
- 34 Метод систематичного покриття поля.
- 35 Метод морфологічної скрині.
- 36 Морфологічна таблиця.
- 37 Етапи морфологічного аналізу.
- 38 Пошукове поле для морфологічного аналізу.
- 39 Класифікація отриманих рішень. Як визначається кількість можливих варіантів, яка може бути отримана за допомогою морфологічної таблиці?
- 40 Недоліки евристичних методів.

5 ТЕМА 5. ПРОТИРІЧЧЯ У ТЕХНІЦІ. ПРИЙОМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ, ЯКІ МІСТЯТЬ ПРОТИРІЧЧЯ

5.1 Основні поняття, пов'язані з протиріччями у техніці

Головний сенс існування техніки – задоволення потреб, тому завжди, коли за допомогою відомих технічних засобів не вдається задовольнити будь-яку потребу, виникає технічна проблема. Для її вирішення доцільно користуватися методами теорії розв'язання винахідницьких задач. Розглянемо деякі основні поняття, пов'язані з протиріччями у техніці [1], [6], [7], [8].

Система – комплекс елементів, які закономірно організовані у просторі і часі, взаємопов'язані між собою і утворюють певну цілісну єдність. Система характеризується складом елементів, структурою і виконує певну функцію.

Елементи – відносно неподільні частини цілого; об'єкти, які в сукупності утворюють систему. Елемент вважається неподільним в межах збереження певної даної якості системи.

Структура – закономірний стійкий зв'язок між елементами системи, що відображає форму, спосіб розташування елементів і характер взаємодії їхніх сторін і властивостей. Структура робить систему деяким якісно певним цілим, відмінним від суми якостей складових її елементів.

Функція – зовнішній прояв властивостей об'єкта (елемента) в даній системі відносин; певний спосіб взаємодії об'єкта з навколишнім середовищем, "здатність" об'єкта. Зазвичай системи мають багато функцій.

Технічна система (ТС) є штучно створена матеріальна єдність закономірно організованих у просторі і в часі елементів, які знаходяться у взаємному зв'язку, що має метою свого функціонування задоволення деякої суспільної потреби.

Елементи ТС можуть бути як штучними, так і природними. Будь-яка ТС входить в дві системи відносин. З одного боку – це об'єкт матеріального світу, який підпорядковується законам природи (в першу чергу законам фізики як найбільш загальним), з іншого боку, ТС виступає як елемент суспільних відносин, оскільки техніка є лише засобом для здійснення соціальних цілей. Якщо ТС характеризується просторовим розташуванням елементів, то вона являє собою пристрій

чи речовину. Якщо ТС характеризується організацією елементів у часі, то вона виступає у якості способу.

Поняття ТС дозволяє сформулювати основну ознаку *технічного рішення (ТР)*: ТР вказує конкретну ТС, функціонування якої дозволяє досягти поставленої мети, тобто вказує на ставлення ТС до певної мети.

З позицій системотехніки ТС можна представити у вигляді:

ВХІД – ПРОЦЕСОР – ВИХІД

Процесор забезпечує перетворення входу у вихід і в той же час є складовою (постійною) входу.

ВХІД і ***ВИХІД*** – відображають взаємодію системи з навколишнім середовищем. З фізичної точки зору на виході і вході ТС має простір, час, масу, енергію і інформацію. З соціально-технічної точки зору на вході маємо "потреби" ТС – витрати суспільства на її створення, а на виході – "здібності" ТЗ, основна частина яких є функції цієї системи.

Виступаючи в формі дії функції ТС в єдності визначають склад і структуру діяльності системи, показують, що ТС може робити: переміщатися в просторі, здійснювати нагрів, чинити опір дії вітру тощо. Решта "здібностей" характеризують, як саме виконуються дії: надійно, ремонтпридатно, технологічно і т. ін.

Корисні функції (КФ) є функції, які відповідають призначенню системи та характеризують найбільш важливі складові корисні виходи. У реальних ТС не весь вихід є корисним. Корисність тієї чи іншої частини виходу ТС може бути визначена тільки з соціальних позицій. Корисні ті "здібності" ТС, які відповідають її призначенню, решта здатностей можуть бути марними або шкідливими, причому шкідливим вважається те, що активно заважає виконанню корисних "здібностей", наприклад, призводить до руйнування елементів ТС і т. ін.

Позитивний ефект (ПЕ) полягає у тому, що будь-яка зміна ТС, що збільшує її можливості з точки зору задоволення потреб суспільства, є поліпшенням системи. Поліпшення ТС проявляється в наступних змінах системи на рівні зовнішнього функціонування:

- кількісне зростання корисних "здібностей" ТС – перетворення некорисних "здібностей" в корисні;

- усунення шкідливих "здібностей" аж до перетворення їх в корисні;

– збільшення відношення корисного виходу до входу, тобто підвищення ефективності ТС.

Результат поліпшення ТС і є **позитивним ефектом**.

Небажаний ефект (НЕ) полягає у погіршенні ТС, що призводить до невиконання її корисних функцій, у першу чергу, головної корисної функції (ГКФ).

ТРВЗ виділяє 3 види протиріч (в порядку зростання складності).

Адміністративне протиріччя (АП) можна сформулювати таким чином: *"Треба поліпшити систему, але я не знаю як (не вмю, не маю права) це зробити"*. Це протиріччя є найслабкішим і може бути знято або вивченням додаткових матеріалів, або прийняттям адміністративних рішень.

Технічне протиріччя (ТП) – діалектичне протиріччя, що виявляється в технічній системі у вигляді погіршення одного боку ТС на рівні зовнішнього функціонування (з позиції потреб надсистеми) при поліпшенні іншого боку ТС.

Інакше кажучи, ТП виникає, коли поліпшення одного параметра системи призводить до погіршення іншого параметра.

Перехід від адміністративного протиріччя до технічного звужує поле пошуку рішень і дозволяє перейти від методу спроб і помилок до алгоритму розв'язання винахідницьких задач, який або пропонує застосувати один або кілька стандартних технічних прийомів, або вказує на одне або кілька фізичних протиріч.

Технічне протиріччя і є постановкою винахідницької задачі, яка виникає, коли відбувається загострення ТП, властивого ТС. При цьому поліпшення одних "здібностей" ТС за рахунок кількісної зміни деяких параметрів стає неможливим через значне погіршення інших "здібностей". Спроби зберегти ТС за рахунок компромісу між сторонами-протилежностями в цьому випадку успіху не мають. Розв'язання ТП можливе при переході ТС в новий якісний стан – відбувається діалектичний стрибок, який і являє собою винахід.

Розв'язання винахідницьких задач, які містять технічні протиріччя, вимагає використання різноманітних ефектів і прийомів, спрямованих на пошук нових ідей та творчих рішень. Найбільш поширених загальні ефекти наведені нижче.

Ефект аналогії: полягає у використанні аналогій між різними об'єктами, процесами або системами для вирішення проблеми. Цей

ефект передбачає, що рішення вже може існувати у схожій формі в іншій галузі чи сфері.

Ефект декомпозиції: полягає в розбитті складної проблеми на менші частини, які можна вирішувати окремо. Цей підхід дозволяє краще зрозуміти проблему та знайти оптимальні рішення для кожної частини.

Ефект оберненого мислення: полягає в тому, щоб думати про проблему з іншого боку, шукати рішення, які протилежні звичайному лінійному мисленню. Це може привести до виявлення неочікуваних ідей та підходів.

Ефект випадковості: полягає в тому, щоб використовувати випадкові чи неочікувані події, які виникають під час досліджень або експериментів, для отримання нових ідей чи розв'язань.

Ефект об'єднання: полягає в поєднанні різних ідей, концепцій або технологій для створення нових, більш ефективних рішень. Цей ефект може виникати при злитті різних галузей знань чи технологій.

Ефект реверсії: полягає в застосуванні процесів чи рішень у зворотному порядку для досягнення певного ефекту або вирішення проблеми.

Ці ефекти та їхні різноманітні сполучення лягли в основу прийомів усунення технічних протиріч.

Якщо для поліпшення системи якась її частина повинна перебувати в різних фізичних станах одночасно, що неможливо, виникає **фізичне протиріччя (ФП)**.

Технічне протиріччя за своєю формою виступає в ТС на рівні її зовнішнього функціонування, а на рівні внутрішнього функціонування взаємовиключних відносин між сторонами системи воно не спостерігається: з фізичної точки зору ТС знаходиться в якомусь одному визначеному законами природи стані. Але якщо поставити задачу усунення ТП в рамках даної ТС, стверджуючи позитивний і заперечуючи небажаний ефекти, то взаємовиключні відносини виявляться на рівні внутрішнього функціонування, у вигляді несумісних вимог до параметру (стану) певного компонента ТС, який називається **вузловим компонентом**, а точніше до фізичного стану цього ВК. Саме такі протиріччя і називаються фізичними. ФП проявляється при постановці задачі усунення ТП, іншими словами, ФП – форма вираження проблеми усунення ТП в рамках даної ТС.

Розв'язання ФП полягає у встановленні нових форм організації і руху матерії в ТС, при яких задовольняються обидві несумісні вимоги до стану ВК.

Фізичні протиріччя є найбільш фундаментальними, тому що винахідник стикається з обмеженнями, обумовленими фізичними законами природи. Для розв'язання задач, що містять такі протиріччя, рекомендується скористатися інформаційним фондом ТРВЗ, вміст якого описаний у розділі 1, зокрема, множиною технологічних ефектів.

Деякі з найбільш важливих фізичних і хімічних ефектів та області їхнього застосування у винахідництві наведені у додатку А. При цьому у табл. А.1 наведені ефекти із зазначенням можливостей їхнього застосування у винахідництві, а у табл. А.2 – дії, які потрібно виконати, та відповідні ефекти, завдяки яким можна досягнути виконання цих дій [26].

Крім того, деякі прийоми усунення фізичних протиріч розглянуті у підрозділі 5.4.

5.2 Прийоми (принципи) усунення технічних протиріч

Науково обґрунтований пошук прийомів розв'язання винахідницьких задач, які містять технічні протиріччя, почався в 50–60-х роках минулого сторіччя. На основі аналізу великого масиву патентної інформації (понад 40 тисяч сильних винаходів з різних галузей техніки) удалося виявити 40 сильних типових прийомів, що ефективно спрацьовували не менш ніж у декількох тисяч винаходів [8].

5.2.1 Прийом 1. Принцип дроблення:

- а) розділити об'єкт на незалежні частини;
- б) виконати об'єкт розбірним;
- в) збільшити ступінь **дроблення** об'єкта.

Приклад 5.1 Вантажне судно

Вантажне судно розділене на однотипні секції. При необхідності корабель можна робити довшим або коротшим.

Приклад 5.2 Пневматична шина

Пневматична шина, що складається з дванадцяти незалежних секцій (патент США № 2859791). Поділ шини здійснюється, щоб підвищити надійність.

Приклад 5.3 Ріжуча кромка ковшу

Ківи одноківишевого екскаватора із суцільною напівкруглою ріжучою кромкою, в якому для забезпечення швидкої і зручної заміни суцільної ріжучої кромки остання виконана з окремих знімних секцій (а.с. № 168195).

Приклад 5.4 Руйнування гірських порід

Спосіб безперервного руйнування гірських порід зарядами вибухових речовин, який полягає у тому, що, з метою отримання дрібних фракцій, безперервне руйнування поверхневого шару виконують мікрозарядами (а.с. № 184219).

5.2.2 Прийом 2. Принцип винесення:

відокремити від об'єкта частину, що "заважає" (або властивість, що "заважає") або, навпаки, виділити єдину потрібну частину або потрібну властивість.

На відміну від попереднього прийому, в якому йшлося про розподіл об'єкта на однакові частини, тут пропонується ділити об'єкт на різні частини.

Приклад 5.5 Вироблення електроенергії катерів

Зазвичай на малих прогулянкових судах і катерах електроенергія для освітлення та інших потреб виробляється генератором, що працює від гребного двигуна. Для отримання електроенергії на стоянці доводиться встановлювати допоміжний електрогенератор з приводом від двигуна внутрішнього згорання. Двигун, природно, створює шум і вібрацію. Запропоновано розмістити двигун і генератор в окремій капсулі, розташованій на деякій відстані від катера і з'єднаний з ним кабелем.

5.2.3 Прийом 3. Принцип місцевої якості:

- а) перейти від однорідної структури об'єкта або зовнішнього середовища (зовнішнього впливу) до неоднорідної;
- б) різні частини об'єкта повинні виконувати різні функції;
- в) кожна частина об'єкта повинна знаходитися в умовах, найбільш сприятливих для її роботи.

Приклад 5.6 Боротьба з пилом

Для боротьби з пилом в гірських виробках на інструменти (робочі органи бурових і навантажувальних машин) подають воду у

вигляді конуса дрібних крапель. Чим дрібніші краплі, тим краще йде боротьба з пилом, але дрібні краплі легко утворюють туман, що ускладнює роботу. Рішення: навколо конуса дрібних крапель створюють шар з великих крапель.

Приклад 5.7 Сушіння рису

Спосіб сушіння зерна рису, який полягає у тому, що з метою зменшення утворення тріщинуватих зерен рис перед сушінням поділяють за розмірами на фракції, які сушать окремо за диференційованими режимами (а.с. № 280328).

Приклад 5.8 Еволюція машин

Принцип місцевої якості чітко відбивається в історичному розвитку багатьох машин: вони поступово дробилися, і для кожної частини створювалися найбільш сприятливі місцеві умови. Спочатку паровий двигун являв собою циліндр, який виконував одночасно функції парового котла і конденсатора. Вода заливалася безпосередньо в циліндр. Вогонь обігрівав циліндр, вода закипала, пар піднімав поршень, після чого жаровню з вогнем прибирали, а циліндр поливали холодною водою. Пар конденсувався, і поршень під дією атмосферного тиску йшов вниз. Пізніше винахідники здогадалися відокремити паровий котел від циліндра двигуна. Це дозволило істотно скоротити витрату палива. Однак відпрацьований пар, як і раніше, конденсувався в самому циліндрі, що викликало величезні теплові втрати. Наступний крок – відокремити від циліндра конденсатор – запропонував і здійснив Джеймс Уатт.

5.2.4 Прийом 4. Принцип асиметрії:

- а) перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної;
- б) якщо об'єкт вже асиметричний, збільшити ступінь асиметрії.

Приклад 5.9 Протиударна шина

Протиударна автомобільна шина, яка має одну боковину підвищеної міцності для кращого опору ударам о бордюрний камінь тротуару (патент США № 3435875).

Приклад 5.10 Лещата зі зміщеними губами

На відміну від звичайних, такі лещата дозволяють затискати в вертикальному положенні довгі заготовки.

Приклад 5.11 Несиметрична установка фар

Фари автомобіля повинні працювати в різних умовах: права повинна світити яскраво і далеко, а ліва – так, щоб не осліплювати водіїв зустрічних машин. Вимоги різні, а встановлювалися фари завжди однаково. Пізніше виникла ідея несиметричної установки фар: ліва висвітлює дорогу на відстані до 25 метрів, а права – значно далі.

5.2.5 Прийом 5. Принцип об'єднання:

- a) з'єднати однорідні або призначені для суміжних операцій об'єкти;
- b) об'єднати в часі однорідні або суміжні операції.

Приклад 5.12 Мікроскоп-тандем

Здвоєний мікроскоп-тандем. Роботу з маніпулятором веде одна людина, а наглядом і записом цілком зайнята інша.

Приклад 5.13 Роторний екскаватор

Робоче обладнання роторного екскаватора, що включає ротор і стрілу та відрізняється тим, що, з метою зменшення зусилля різання, виконане з пристроєм для розігріву мерзлого ґрунту, яке має форсунки, змонтовані, наприклад, на секторах по обидвох торцях ротора (а.с. № 235547). Принцип об'єднання полягає у тому, що раніше доводилося зупиняти роторний екскаватор, щоб розігріти мерзлий ґрунт; тепер форсунки встановлені безпосередньо на роторі.

5.2.6 Прийом 6. Принцип універсальності:

об'єкт виконує кілька різних функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

Приклад 5.14 Еволюція мобільних телефонів

У п'ятдесятих роках минулого століття і не думали про мобільний зв'язок. Нині ж у великих містах кількість зареєстрованих мобільних телефонів перевищує кількість її мешканців.

У жорстокій конкурентній боротьбі за споживача розробники мобільних телефонів взяли на озброєння прийом "універсальність об'єкта". Трубку, в якій працювала б лише одна (головна) функція – набір номера та прийом дзвінка – сьогодні знайти вже неможливо.

Які тільки функції зараз не виконує мобільний телефон! Деякі модифікації вимірюють температуру та пульс людини, вираховують кількість пройдених шляхів або кілометраж.

Останнім часом спостерігається спад у продажу цифрових фотоапаратів, тому що з їхніми функціями успішно справляються мобільні телефони. Те ж саме стосується відеокамер, портативних телевізорів тощо.

Мобільні телефони поступово перетворюються в кишенькові комп'ютери: їх навчили запам'ятовувати величезні обсяги інформації, програвати музику, приймати та надсилати електронну пошту, редагувати тексти.

Мобільні телефони одночасно виконують функції електронного гаманця і паспорта.

А ще мобільні телефони у найближчому майбутньому можуть стати частиною одягу. Французькі інженери та модельєри представили нове бачення мобільного телефону, розмістивши його гнучкий дисплей на одязі людини. Незважаючи на несерйозність розробки, вона має всі шанси стати не лише модним хітом, а й набути поширення в рекламному бізнесі та у сфері забезпечення безпеки людей. Інженери компанії France Telecom повідомили про розробку кількох діючих прототипів дисплеїв для мобільних телефонів, вишитих у верхній одяг. Гнучкі екрани, що прикріплюються на тканину, можуть докорінно змінити поняття про моду і породити нову сферу послуг: перед кожним виходом на публіку людина зможе прикрасити своє вбрання малюнком, який їй подобається, або написом. Футболки з написами можуть піти у минуле. Виразити свою індивідуальність стане простіше: одяг набуває функції основного інтерфейсу для графічного вираження настрою людини. Особисті емоції та стан душі стає можливим показувати на публіці за допомогою анімаційної графіки та коротких текстів.

Дисплей підключається до мобільного телефону за допомогою Bluetooth. Зображеннями можна обмінюватися через MMS-повідомлення. Спеціальне програмне забезпечення дозволить регулювати яскравість, вибирати текст чи картинку тощо. Професіонали зможуть скористатися складним редактором анімаційних зображень, які можуть продаватися через Інтернет [10].

Приклад 5.15 Монітори

У змагання з мобільниками вступили й монітори. У Японії створено рідкокристалічний монітор, який одночасно із виконанням своїх прямих функцій виконує функцію динаміка. Акустичним

резонатором такого "співучого" монітора є його скляне покриття. Воно починає вібрувати під впливом електричного струму. В результаті звук, регульований вбудованою мікросхемою, "випромінюється" всією поверхнею екрану [10].

5.2.7 Прийом 7. Принцип "матрьошки":

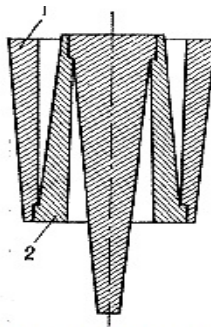
а) один об'єкт розміщений всередині іншого, який, в свою чергу, знаходиться всередині третього і т. д.;

б) один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті.

Приклад 5.16 Ультразвуковий концентратор пружних коливань

Ультразвуковий концентратор пружних коливань, що складається зі скріплених між собою напівхвильових відрізків, який відрізняється тим, що з метою зменшення довжини концентратора і збільшення його стійкості напівхвильові відрізки виконані у вигляді порожніх конусів, вкладених один в інший (див. рис. 5.1; а.с. № 186781).

У а.с. № 462315 те ж саме рішення використано для зменшення габаритів вихідної секції трансформаторного п'єзоелемента.



1, 2 - порожні конуси

Рисунок 5.1 – Конструкція ультразвукового концентратора пружних коливань

5.2.8 Прийом 8. Принцип антиваги:

а) компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншим об'єктом, що має підйомну силу;

б) компенсувати вагу об'єкта взаємодією з середовищем (переважно за рахунок аеро- і гідродинамічних сил).

Приклад 5.17 Відцентровий регулятор числа обертів

Відцентровий регулятор числа обертів роторного вітродвигуна гальмівного типу, встановлений на вертикальній осі ротора, у якому з метою підтримки швидкості обертання ротора в малому інтервалі числа обертів при сильному збільшенні потужності вантажі регулятора виконані у вигляді лопатей, що забезпечують аеродинамічне гальмування (а.с. № 167784). Тут цікаво відзначити, що в формулі винаходу чітко відображено протиріччя, яке він усуває. При заданій силі вітру і заданій масі вантажів виходить певне число оборотів. Щоб його зменшити (при зростанні сили вітру), потрібно збільшити масу вантажів. Але вантажі обертаються, до них важко підібратися. Протиріччя усунуто тим, що вантажам надано форму, яка створює аеродинамічне гальмування, тобто вантажі виконані у вигляді крила з негативним кутом атаки. Загальна ідея очевидна: якщо потрібно міняти масу тіла, що рухається, а масу міняти не можна з певних міркувань, то тілу треба надати форму крила і, змінюючи нахил крила до напрямку руху, отримувати додаткову силу, спрямовану в потрібний бік.

Приклад 5.18 Зменшення тиску

При створенні надпотужних турбогенераторів виникла складна задача: як зменшити тиск ротора на підшипники? Рішення знайшли в тому, що над турбогенератором встановили сильний електромагніт, що компенсує тиск ротора на підшипники.

5.2.9 Прийом 9. Принцип попередньої антидії:

якщо за умовами задачі необхідно здійснити якусь дію, треба заздалегідь зробити антидію.

Приклад 5.19 Попереднє навантаження різця

Спосіб різання чашковим різцем, що обертається навколо своєї геометричної осі в процесі різання, який полягає у тому, що з метою запобігання виникненню вібрації чашковий різець попередньо навантажують зусиллями, близькими за величиною і спрямованими протилежно зусиллям, які виникають в процесі різання (а.с. № 536866).

Приклад 5.20 Виготовлення турбінного диска

Заготівлю турбінного диска встановлюють на піддон, що обертається. Нагріта заготівля в міру охолодження стискається. Але

відцентрові сили (поки заготівля не втратила пластичності) ніби відштампують заготівлю. Коли ж деталь охолоне, в ній з'являться зусилля, що стискають (а.с. № 84355).

5.2.10 Прийом 10. Принцип попередньої дії:

а) заздалегідь виконати потрібні дії (повністю або хоча б частково);

б) заздалегідь розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію без витрат часу на доставку і з найбільш зручного місця.

Приклад 5.21 Вирощування плодово-ягідних культур

Живці багатьох плодово-ягідних та інших культур, посаджені в ґрунт, не вкорінюються внаслідок нестачі поживних речовин в черешку. За даним винаходу пропонується створювати запас поживних речовин заздалегідь, насичуючи перед посадкою живці в ванні з поживною сумішшю (а.с. № 61056).

Приклад 5.22 Зняття гіпсових пов'язок

Спосіб зняття гіпсових пов'язок за допомогою дротяної пилки, який полягає у тому, що, з метою попередження травм і полегшення зняття пов'язки, пилу поміщають в попередньо змащену підходящим мастилом трубку, виконану, наприклад, з поліетилену, і заздалегідь загіпсовують під пов'язку при її накладенні. Завдяки цьому розпилювати пов'язку можна від тіла назовні – без побоювання зачепити тіло (а.с. № 162919).

5.2.11 Прийом 11. Принцип "заздалегідь підкладеної подушки":

компенсувати відносно невисоку надійність об'єкта заздалегідь підготовленими аварійними засобами.

Приклад 5.23 Обробка неорганічних матеріалів плазмовим променем

Спосіб обробки неорганічних матеріалів, наприклад скловолокна, шляхом впливу плазмового променя, який полягає у тому, що з метою підвищення механічної міцності на неорганічні матеріали попередньо наносять розчин або розплав солей лужних або лужноземельних металів (а.с. № 522150). Заздалегідь наносять речовини, які "заліковують" мікротріщини.

Приклад 5.24 Зберігання спилів дерева

Є а.с. № 456594, за яким на гілку дерева (до спилювання) ставлять кільце, що стискає гілку. Дерево, відчуючи "біль", направляє до цього місця поживні і лікуючі речовини. Таким чином, ці речовини накопичуються до спилювання гілки, що сприяє швидкому загоєнню після спилювання.

Приклад 5.25 Радіаційні способи контролю

Цей принцип широко застосовується, наприклад під час контролю герметичності радіаційними методами.

Принцип заздалегідь підкладеної подушки можна використовувати не тільки для підвищення надійності.

Приклад 5.26 Боротьба з викраданням книг у бібліотеках

Наприклад, у зв'язку з тим, що в бібліотеках часто пропадають книги, американський винахідник Емануель Трікіліс запропонував ховати в палітурці шматочок намагніченого металу. При видачі книги бібліотекар розмагнічує цю металеву вкладку, проітовхуючи книгу під спеціальною електричною спіраллю. Якщо відвідувач спробує піти, взявши незареєстровану книгу, то прихований у дверях прилад зреагує на магнітний вкладки у палітурці.

Приклад 5.27 Рятування людей

А ось ще один приклад використання цього принципу. Гірничо-альпійська рятувальна станція у Швейцарії застосувала його для швидкого виявлення людей, які потрапили до снігової лавини. Тепер лижник чи мешканець місцевості, де часті лавини, носить невеликий магніт. У разі нещасного випадку цей магніт допомагає легко виявити постраждалого за допомогою шукача навіть під триметровим покривом снігу.

5.2.12 Прийм 12. Принцип еквіпотенціальності:

змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати або опускати об'єкт.

Приклад 5.28 Вантажний пристрій

Запропоновано пристрій, який виключає необхідність піднімати і опускати важкі прес-форми. Пристрій виконаний у вигляді прикріпленої до столу преса приставки з рольгангом (а.с. № 264679).

Приклад 5.29 Контейнеровоз

Контейнеровоз, в якому вантаж не піднімається в кузов, а тільки піднімається гідроприводом і встановлюється на опорну скобу. Така машина працює без крана і перевозить значно вищі контейнери (а.с. № 110661).

5.2.13 Прийом 13. Принцип "навпаки":

- а) замість дії, що диктується умовами задачі, здійснити зворотню дію;
- б) зробити рухому частину об'єкта або зовнішнього середовища нерухомою, а нерухома – рухомою;
- в) перевернути об'єкт "догори ногами", вивернути його.

Приклад 5.30 Передача даних через Bluetooth

Технологія передачі даних Bluetooth широко застосовується у мобільних пристроях; при цьому дальність дії такого зв'язку становить до 10 м. Фірми Philips та Sony повідомили про розробку нової технології зв'язку NFC (near fields communications), який діє на відстані до 10 см. Ця технологія створена на основі комбінації методів безконтактної ідентифікації та взаємних з'єднань. Вона використовує частотний діапазон 13,56 МГц, швидкість передачі даних між пристроями становить 106 кбіт/с та 212 кбіт/с. Смартфонами з підтримкою NFC оплачують покупки, користуються громадським транспортом, отримують різноманітну інформацію тощо [10].

5.2.14 Прийом 14. Принцип сфероїдальності:

- а) перейти від прямолінійних частин до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних, від частин, виконаних у вигляді куба або паралелепіпеда, до кульових конструкцій;
- б) використовувати ролики, кульки, спіралі;
- в) перейти від прямолінійного руху до обертового, використовувати відцентрову силу.

Приклад 5.31 Пристрій для вварювання труб в трубну решітку

Пристрій для вварювання труб в трубну решітку має електроди у вигляді кульок, які котяться (патент ФРН № 1085073).

Приклад 5.32 Відділення ниток корду від гуми

Спосіб відділення ниток корду від гуми, наприклад, в каркасі зношених покришок, який включає: витримку покришки в вуглеводнях, обробку її високонапорними струменями рідини, механічне розчісування ниток і їхню обрізку. При цьому що, з метою підвищення продуктивності праці, обробку покришки ведуть в процесі її обертання зі швидкістю, яка ослаблює зв'язок між частинками гуми (а.с. № 260874).

5.2.15 Прийом 15. Принцип динамічності:

а) характеристики об'єкта (або зовнішнього середовища) повинні змінюватися так, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи;

б) розділити об'єкт на частини, здатні переміщатися одна відносно другої;

в) якщо об'єкт, в цілому нерухомий, зробити його рухомим.

Приклад 5.33 Автоматичне дугове зварювання

Спосіб автоматичного дугового зварювання стрічковим електродом, який полягає у тому, що з метою широкого регулювання форми і розмірів зварювальної ванни електрод згинають уздовж його твірної, надаючи йому криволінійну форму, яку змінюють у процесі зварювання" (а.с. № 258490).

Приклад 5.34 Автомобіль з шарнірно з'єднаними секціями рами

У такому автомобілі рами можуть повертатися за допомогою гідроциліндрів, завдяки чому він має підвищену прохідність (патент СРСР № 17474).

5.2.16 Прийом 16. Принцип часткової або надмірної дії:

якщо важко отримати стовідсотковий необхідний ефект, треба отримати "трохи менше" або "трохи більше"; при цьому задача може істотно спроститися.

Приклад 5.35 Боротьба з градом

Спосіб боротьби з градом, заснований на кристалізації за допомогою реагенту (наприклад йодистого срібла) градової хмари, який відрізняється тим, що, з метою різкого скорочення витрат

реагенту і засобів його доставки, здійснюють кристалізацію не самої хмари, а її крупнокрапельної (локальної) частини (а.с. № 181897).

Приклад 5.36 Дозування металевих порошків

Пристрій для дозування металевих порошків, якій містить бункер з дозатором. З метою забезпечення рівномірної подачі порошку до дозатора бункер забезпечений внутрішньою приймальною воронкою і каналом з електромагнітним насосом для подачі (з надлишком) порошку (див. рис. 5.2). Щоб подавати порошок по трубіці лійки 1 рівномірно, його насипають у воронку 2 з надлишком; зайвий порошок всипається в бункер 3, а лійка завжди заповнена до країв (а.с. № 262333).

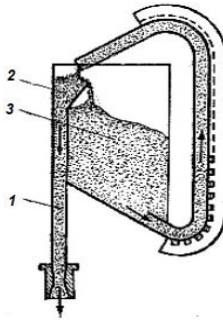


Рисунок 5.2 – Конструкція пристрою для дозування металевих порошків

5.2.17 Прийом 17. Принцип переходу в інший вимір:

а) труднощі, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єкта за лінією, усуваються, якщо об'єкт набуває можливість переміщатися в двох вимірах (тобто на площині); відповідно задачі, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єктів в одній площині, усуваються при переході до тривимірного простору;

б) використовувати багатоповерхову компоновку об'єктів замість одноповерхової;

в) нахилити об'єкт або покласти його "набік";

г) використовувати зворотний бік даної площини;

д) використовувати оптичні потоки, які падають на сусідню площину або на зворотний бік наявної площини.

Прийом 17а можна об'єднати з прийомами 7 і 15, в результаті отримаємо ланцюг, що характеризує загальну тенденцію розвитку технічних систем: від точки до лінії, потім до площини, потім до об'єму і, нарешті, до поєднання багатьох об'ємів.

Приклад 5.37 МОН-транзистор

Фірма Intel розробила МОН-транзистор з новою тризатворною структурою. Це – тривимірний пристрій, у якому затвором є піднята область зі струмопровідними лініями, які нанесені на її три сторони. Така структура втричі збільшує область пропускання струму, не займаючи зайву площу на кристалі. Крім того, завдяки тривимірній структурі у неї значно менший струм витoku [10].

Приклад 5.38 Магнітографічна дефектоскопія

Пристрій для магнітографічної дефектоскопії, в якому з метою підвищення терміну служби кільцева магнітна стрічка виконана з двобічним магніточутливим покриттям і вигнута у вигляді листа Мебіуса (а.с. № 259449).

Приклад 5.39 Удосконалення долота для буріння нафтових свердловин

Відомий радянський винахідник Д. Кисельов, який тривалий час працював над удосконаленням долота для буріння нафтових свердловин, розповідає у своїй книзі "Пошук конструктора": "У долоті кожен підшипник має певну вантажопідйомність, і якщо збільшити їх число, дати менше навантаження на кожен, можна полішити умови їх роботи, запобігти зносу. Саме цим шляхом йшла весь час моя думка у пошуках різних схем розміщення підшипників, але заважали габарити долота, малий простір, на якому я мав можливість розташовувати необхідну мені кількість кульок і роликів. Але раптом я побачив рішення: на одній і тій самій ділянці поверхні можна розмістити більшу кількість "елементів" підшипників у два яруси, як розміщуються люди і речі в купе пасажирських вагонів. Я навіть розсміявся: таким простим було це рішення, марно розшукуване багато місяців" [8].

5.2.18 Прийом 18. Використання механічних коливань:

- а) привести об'єкт в коливальний рух;
- б) якщо такий рух вже відбувається, збільшити його частоту (аж до ультразвукової);
- в) використовувати резонансну частоту;
- г) застосувати замість механічних вібраторів п'єзовібратори;
- д) використовувати ультразвукові коливання в поєднанні з електромагнітними полями.

Приклад 5.40 Безтирсове різання деревини

При цьому способі з метою зменшення зусилля впровадження інструменту в деревину різання здійснюють інструментом, частота пульсації якого близька до власної частоти коливань деревини (а.с. № 307986).

Приклад 5.41 Вібродугове наплавлення і зварювання деталей

Спосіб вібродугового наплавлення і зварювання деталей під шаром флюсу з низькочастотними коливаннями електрода, при якому з метою підвищення якості наплавленого металу на низькочастотні коливання накладають високочастотні ультразвукові коливання порядку, наприклад, 20 кГц (а.с. № 220380).

Приклад 5.42 Конструкція підшипника

Тертя спокою різко знижує чутливість тонких приладів, заважає стрілкам, маятникам і іншим рухомих частинам в підшипниках. Щоб уникнути цього, підшипники змушують вібрувати, і елементи приладу весь час роблять осцилюючий рух один відносно одного. У якості джерела вібрації зазвичай використовують електромотор. При цьому кінематика приладу суттєво ускладнюється, а вага збільшується. Американські винахідники Джон Броз і Вільям Лаубендорфер розробили конструкцію підшипника, в якому втулки виконуються з п'єзоелектричного матеріалу і з обох боків покриваються тонкою електропровідною фольгою. До фольги припаюються електроди, за якими підводиться змінний струм, що створює вібрацію (патент США № 3239283).

Приклад 5.43 Боротьба з пилом

Спосіб осадження пилу з використанням магнітного поля, який відрізняється тим, що повітря піддають одночасному впливу акустичного і магнітного полів (а.с. № 244272).

5.2.19 Прийом 19. Принцип періодичної дії:

- а) перейти від безперервної дії до періодичної (імпульсної);
- б) якщо дія вже здійснюється періодично, змінити періодичність;
- в) використовувати паузи між імпульсами для іншої дії.

Приклад 5.44 Автоматичне керування термічним циклом

Спосіб автоматичного керування термічним циклом контактного точкового зварювання, переважно деталей малої товщини, заснований на вимірюванні термо-е.р.с. При цьому з метою підвищення точності керування при зварюванні імпульсами підвищеної частоти вимірюють термо-е.р.с. в паузах між імпульсами зварювального струму (а.с. № 336120).

Приклад 5.45 Спостереження за процесом дугового зварювання

Відомий спосіб дослідження процесу дугового зварювання з використанням додаткового освітлювача. Однак при додатковому освітленні поряд з поліпшенням видимості твердого та рідкого матеріалу, що знаходиться в області дуги, погіршується видимість плазмово-газової фази стовпа дуги. Запропонований спосіб відрізняється тим, що яскравість додаткового освітлювача періодично змінюють від нуля до величини, що перевищує яскравість дуги. Це дозволяє поєднати спостереження як за самою дугою, так і за процесом плавлення електрода і перенесення металу (а.с. № 267772).

5.2.20 Прийом 20. Принцип безперервності корисної дії:

- а) вести роботу безперервно (всі частини об'єкта повинні весь час працювати з повним навантаженням);
- б) усунути холості і проміжні ходи.

Приклад 5.46 Обробка складних отворів

Спосіб обробки отворів у вигляді двох пересічних циліндрів, наприклад гнізд сепараторів підшипників, при якому з метою підвищення продуктивності обробки її здійснюють свердлом

(зенкером), ріжучі кромки якого дозволяють проводити різання як при прямому, так і при зворотному ході інструменту (а.с. № 262 582).

Приклад 5.47 Багатостовбурне буріння свердловин

Спосіб багатостовбурного буріння свердловин двома комплектами труб. При одночасному бурінні двох-трьох свердловин застосовується ротор з декількома стовбурами, що включаються в роботу незалежно один від одного, і два комплекти бурильних труб, що по черзі піднімаються і опускаються в свердловини для зміни відпрацьованих доліт. Операції зі зміни доліт поєднуються в часі з автоматичним бурінням в одній зі свердловин (а.с. № 126440).

5.2.21 Прийом 21. Принцип проскочення:

вести процес або окремі його етапи (наприклад, шкідливі або небезпечні) на великій швидкості.

Приклад 5.48 Обробка деревини при виробництві шпону

Спосіб обробки деревини при виробництві шпону шляхом прогріву, при якому з метою збереження природної деревини прогрів її здійснюють короткочасним впливом факела полум'я газу з температурою від 300°C до 600°C безпосередньо в процесі виготовлення шпону (а.с. № 338371).

Приклад 5.49 Швидкісний нагрів металевих заготовок

Спосіб швидкісного нагріву металевих заготовок в потоці газу, при якому з метою підвищення продуктивності газ подають зі швидкістю не менше 200 м/с при збереженні потоку постійним на всьому протязі його контакту з заготовками (а.с. № 241484).

5.2.22 Прийом 22. Принцип "звернути шкоду на користь":

- а) використовувати шкідливі фактори (зокрема, шкідливий вплив середовища) для отримання позитивного ефекту;
- б) усунути шкідливий фактор за рахунок додавання з іншими шкідливими факторами;
- в) посилити шкідливий фактор до такої міри, щоб він перестав бути шкідливим.

Приклад 5.50 Термодіод

Надицільне пакування усередині інтегральних схем та дуже щільне їхнє пакування на носіях (друкованих платах) висуває на перших план проблему тепловідводу. У Масачусетському технологічному

інституті розробили мікродіод, який перетворює тепло безпосередньо в електрику – так званий термодіод. Зазором між електродами у ньому виступає шар напівпровідникового матеріалу на основі індію, збагаченого вільними носіями. Цей шар значно підсилює термоелектричний ефект та дозволяє пристрою працювати при досить невеликих температурах (близько 200 °С) [10].

Приклад 5.51 Історичні приклади використання шкідливих ефектів на користь

Член-кореспондент Академії наук СРСР П. Вологдин писав, що ще в двадцятих роках ХХ сторіччя він поставив собі за мету застосувати струми високої частоти для нагріву металу. Досліди показали, що метал нагрівається лише з поверхні. Струм високої частоти ніяк не вдавалося "загнати" в глиб заготовки, і досліди припинили. Згодом Вологдин не раз жалкував, що не використав цей "негативний ефект": промисловість могла б отримати метод високочастотного гарту сталевих деталей набагато років раніше, ніж він був запропонований в дійсності.

По-іншому склалася доля іншого винаходу – електроіскрової обробки металу. Б.Р. Лазаренко і І.М. Лазаренко працювали над проблемою боротьби з електроерозією металів. Електричний струм "роз'їдав" метал в місці зіткнення контактів реле, і з цим нічого не вдавалося зробити. Були випробувані тверді й надтверді сплави, контакти поміщали в різні рідини, але все марно. Одного разу винахідники зрозуміли, що цей "негативний ефект" можна десь застосувати з користю, і у квітні 1943 року винахідники отримали авторське свідоцтво на електроіскровий спосіб обробки металу.

5.2.23 Прийом 23. Принцип зворотного зв'язку:

- а) ввести зворотний зв'язок;
- б) якщо зворотний зв'язок є, змінити його.

Приклад 5.52 Автоматичне регулювання температурного режиму

Спосіб автоматичного регулювання температурного режиму випалу сульфідних матеріалів в киплячому шарі, при якому з метою підвищення динамічної точності підтримки заданого значення температури подачу матеріалу змінюють залежно від зміни вмісту сірчистого газу (а.с. № 302382).

Приклад 5.53 Автоматичне регулювання процесу ректифікації

Спосіб автоматичного регулювання процесу ректифікації шляхом впливу на витрату зрошення в залежності від температури і тиску вихідного продукту, при якому з метою стабілізації вмісту одного з компонентів трикомпонентної суміші додатково вводять корекцію за питомою вагою вихідного продукту (а.с. № 239245).

5.2.24 Прийом 24. Принцип "посередника":

- а) використовувати проміжний об'єкт, який переносить або передає дію;
- б) на час приєднати до об'єкта інший (легко видалений) об'єкт.

Приклад 5.54 Тарування приладів

Спосіб тарування приладів для вимірювання динамічних напружень в щільних середовищах при статичному навантаженні зразка середовища з закладеними усередині нього приладом, при якому з метою підвищення точності тарування навантаження зразка з закладеним всередині нього приладом ведуть через крихкий проміжний елемент (а.с. № 354135).

Приклад 5.55 Нанесення летючого інгібітора

Спосіб нанесення летючого інгібітора атмосферної корозії на поверхню, що захищається, при якому з метою отримання рівномірного покриття внутрішніх поверхонь складних деталей через останні продувають нагріте повітря, насичене парами інгібітору (а.с. № 178005).

Приклад 5.56 Підведення електричного струму в рідкий метал

Спосіб підведення електричного струму в рідкий метал, який полягає у тому, що з метою зниження електричних втрат струм до основного металу підводять охолоджуваними електродами через проміжний рідкий метал, температура плавлення якого нижче, а щільність і температура кипіння вище, ніж у основного металу (а.с. № 177436).

5.2.25 Прийом 25. Принцип самообслуговування:

- а) об'єкт повинен сам себе обслуговувати, виконуючи допоміжні і ремонтні операції;

б) використовувати відходи (енергії, речовини).

Приклад 5.57 Подача зварювального дроту

У електрозварювальному пістолеті зварювальний дріт зазвичай подає спеціальний пристрій. Запропоновано використовувати для подачі дроту соленоїд, який працює від зварювального струму.

Приклад 5.58 Спорудження зрошувальних каналів

Спосіб спорудження каналів зрошувальних систем із збірних елементів, при якому з метою спрощення транспортування виробів після монтажу початкової ділянки каналу його торці закривають часовими діафрагмами, готову ділянку каналу затоплюють водою і наступні елементи, також закриті з торців діафрагмами, сплавляють цією ділянкою каналу (а.с. № 307584).

5.2.26 Прийом 26. Принцип копіювання:

а) замість недоступного, складного, дорогого, незручного або крихкого об'єкта використовувати його спрощені і дешеві копії;

б) замінити об'єкт або систему об'єктів їх оптичними копіями (зображеннями); використовувати при цьому зміну масштабу (збільшення або зменшення копії);

в) якщо використовуються видимі оптичні копії, перейти до копій інфрачервоних або ультрафіолетових.

Приклад 5.59 Просторові виміри на рентгенівських знімках

Іноді необхідно (для вимірювання або контролю) поєднати два об'єкти, які фізично поєднати неможливо. У цих випадках доцільно застосовувати оптичні копії. Так була, наприклад, розв'язана задача просторових вимірів на рентгенівських знімках. Звичайний рентгенівський знімок не дозволяє визначити, на якій відстані від поверхні тіла перебуває вогнище захворювання. Стереоскопічні знімки дають об'ємне зображення, але і в цьому випадку вимірювання доводиться вести приблизно, адже всередині тіла немає масштабної лінійки. Потрібно, таким чином, "поєднати непоєднуване": тіло людини, що зазнає просвічування, і масштабну лінійку. Новосибірський винахідник Ф.І. Аксьонов вирішив цю задачу, застосувавши метод оптичного суміщення. За його способом стереоскопічні рентгенівські знімки поєднуються зі стереоскопічними знімками ґратчатого куба. Розглядаючи в стереоскоп суміщені знімки, лікар бачить "всередині" хворого ґратчатий куб, який грає роль просторового масштабу [8].

Приклад 5.60 Обмір колод

Канадська фірма "Крютер Палл" користується спеціальною фотоустановкою для обміру колод, що перевозяться на залізничних платформах. За даними фірми, фотографічний обмір балансів разів в 50 швидший за ручний, а відхилення результатів фотообміру від даних точного підрахунку складає від 1% до 2%.

5.2.27 Прийом 27. Дешева недовговічність замість дорогої довговічності:

замінити дорогий об'єкт набором дешевих об'єктів, поступившись при цьому деякими властивостями (наприклад, довговічністю).

У якості прикладів можна навести безліч виробів одноразового використання.

Приклад 5.61 Дешева недовговічність

Вже деякий час існують "одноразові" мобільні телефони. Компанія Нор-Оп отримала сертифікат федеральної комісії США на "одноразовий" CDMA телефон. Телефон зроблений із компонентів, здатних утилізуватися. У апарату немає власного мікрофона і динаміка, для його використання потрібна зовнішня гарнітура.

Деякі японські компанії (Торран Printing і Sony) зробили ставку на іншу "дешеву недовговічність" – папір. Серед іншого, його можна використовувати у батарейках нового типу. У таких батареєк відсутній корпус, вони досить тонкі, щоб бути надрукованими на папері. "Паперові" батарейки складаються з трьох різних шарів. У ролі анода та катода виступають цинк і діоксид марганцю, а ось склад розміщеного між ними хімічного джерела енергії суворо охороняється. Очевидно, найближчим часом можна буде відрізати шматочки такої батареї.

Авторство у винаході належить ізраїльській компанії Power Paper (енергетичний папір). Стверджується, що створений матеріал не токсичний і не схильний до корозії, що дозволяє уникнути використання корпуси [10].

5.2.28 Прийом 28. Заміна механічної схеми:

а) замінити механічну схему оптичною, акустичною або "ароматизованою";

- б) використовувати електричні, магнітні та електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом;
- в) перейти від нерухомих полів до рухомих, від фіксованих до мінливих в часі, від неструктурних до тих, що мають певну структуру;
- г) використовувати поля в поєднанні з феромагнітними частинками.

Приклад 5.62 Контроль зносу породо руйнуючого інструменту

Спосіб контролю зносу породо руйнуючого інструменту, при якому з метою спрощення контролю у якості сигналізації зносу застосовують вмонтовані в інструмент ампули з різко пахучими хімічними речовинами, наприклад з етилмеркаптаном (а.с. № 163559).

Приклад 5.63 Нанесення металевих покриттів на термопластичні матеріали

Спосіб нанесення металевих покриттів на термопластичні матеріали шляхом контакту з порошком металу, нагрітим до температури, що перевищує температуру плавлення термопласту, при якому з метою підвищення міцності зчеплення покриття з основою і його щільності процес здійснюють в електромагнітному полі (а.с. № 445712).

Приклад 5.64 Каталітичні процеси в системах з рухомим каталізатором

Спосіб проведення каталітичних процесів в системах з рухомим каталізатором, при якому з метою розширення сфери застосування створюють рухливе магнітне поле і застосовують каталізатор з феромагнітними властивостями (а.с. № 261372).

Приклад 5.65 Інтенсифікація теплообміну

Спосіб інтенсифікації теплообміну в трубчастих елементах поверхневих теплообмінників, який полягає у тому, що з метою підвищення коефіцієнта тепловіддачі в потік теплоносія вводять феромагнітні частинки, які переміщуються під дією магнітного поля переважно у стінок теплообмінника, для руйнування і турбулізації приграничного шару (а.с. № 144500).

Приклад 5.66 Мініатюрне шліфування

На одному з підприємств застосовували надювелірну за тонкістю роботу: шліфували стінки отвору діаметром пів міліметри. Для такої операції виготовили мініатюрний шліфувальник діаметром у дві десяті частки міліметру, обсіпаний алмазним пилом. Цей інструмент обертала пневматична турбіна зі швидкістю 1000 об./с., крім того, шліфувальник рухався за контуром отвору, обминаючи його зі швидкістю 150 об./хв. Робітник не міг проникнути поглядом у зону обробки, було важко вловити момент, коли крихітний інструмент торкався деталі. Робочий то затягував процес обробки, то закінчував його зарано, й в обох випадках деталі йшли в брак. Збиралися вже конструювати унікальний верстат-автомат. Але був знайдений простий вихід: деталь ізолювали від верстата, приєднали до неї один полюс електричної батарейки, а другий полюс підвели до верстата. У ланцюг увімкнули підсилювач та гучномовець. Як тільки інструмент торкався деталі, гучномовець "скрикував", при цьому "гучний" верстат видавав звуки різної тональності, за якими можна було судити і про те, коли почалося шліфування, і про те, як воно проходить [8].

5.2.29 Прийом 29. Використання пневмо- і гідроконструкцій:

замість твердих частин об'єкта використовувати газоподібні та рідкі: надувні і гідронаповнені, повітряну подушку, гідростатичні і гідрореактивні.

Приклад 5.67 З'єднання гребного валу судна з гвинтом

Для з'єднання гребного валу судна з гвинтом у валі зроблений паз, в якому розміщена еластична порожниста ємність (вузький "повітряний мішок"). Якщо в цю ємність подати стиснене повітря, вона роздується і притисне гвинт до валу (а.с. № 313741).

Приклад 5.68 Фарбування великогабаритних виробів

Спосіб фарбування великогабаритних виробів розпиленням з видаленням парів розчинника і фарбувального туману через вентиляційну систему, при якому з метою зменшення виробничих площ навколо виробу, що фарбується, створюють висхідну повітряну завісу на висоту, що перевищує висоту виробу, верхні кінці якої

завихрюються за допомогою підлогової вентиляційної системи (а.с. № 312630).

Приклад 5.69 Опора для сферичного резервуара

Опора для сферичного резервуара з підставкою, яка з метою зниження напруження в оболонці резервуара виконана у вигляді заповненої рідиною судини з увігнутою кришкою з еластичного матеріалу, що приймає форму оболонки резервуара (а.с. № 264675).

Приклад 5.70 Димарі промислових споруд

Димарі промислових споруд зазвичай дуже масивні, причому, зі збільшенням висоти димаря суттєво зменшується тяга. З метою поліпшення тяги і збільшення висоти розсіювання газів пропонується замінити масивний димар на ажурну споруду (див. рис. 5.3), в якій корпус труби утворений конічною спіраллю 1, порожнисті витки якої мають сопла 2 і з'єднані з порожнистими опорами 3, вільні кінці яких, в свою чергу, присьоднані до компресора 4. При ввімкненні компресора 4 повітря, піднімаючись під тиском за опорами 3, потрапляє на спіральні витки корпусу і, вириваючись з сопел 2, створює повітряну "стінку" (а.с. № 243809) [8].

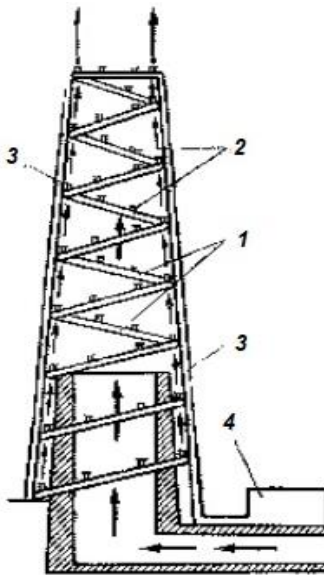


Рисунок 5.3 – Конструкція димаря

5.2.30 Прийом 30. Використання гнучких оболонок і тонких плівок:

- а) замість звичайних конструкцій використовувати гнучкі оболонки і тонкі плівки;
- б) ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок.

Приклад 5.71 Формування газобетонних виробів

Спосіб формування газобетонних виробів шляхом заливання сировинної маси в форму і подальшої витримки, який полягає у тому, що з метою підвищення ступеня спучування на залиту в форму сировинну масу укладають газонепроникну плівку (а.с. № 339406).

Приклад 5.72 Поліетиленовий "дощ"

Щоб зменшити втрати вологи, яка випаровується через листя дерев, американські дослідники обприскують їх поліетиленовим "дощем". На листі створюється найтонша фольга. Рослина, укрита пластмасовою ковдрою, розвивається нормально завдяки тому, що поліетилен значно краще пропускає кисень і вуглекислий газ, ніж пари води.

Приклад 5.73 Екстракція в системі рідина – рідина

Спосіб екстракції в системі рідина – рідина, який полягає у тому, що з метою інтенсифікації процесу масообміну струмів однієї фази подають через шар газу на поверхню іншої фази, переміщуваної плівкою по твердій поверхні (а.с. № 312826).

5.2.31 Прийом 31. Застосування пористих матеріалів:

- а) виконати об'єкт пористим або використовувати додаткові пористі елементи (вставки, покриття і т. ін.);
- б) якщо об'єкт уже виконано пористим, попередньо заповнити пори якоюсь речовиною.

Технічні засоби завжди створювалися із цільних (непроникних) матеріалів. Інерція мислення призводить до того, що задачі, які легко вирішуються при використанні пористих матеріалів, найчастіше намагаються вирішити введенням спеціальних пристроїв і систем, зберігаючи всі елементи конструкції непроникними. Тим часом високоорганізованій машині властива проникність – прикладом може

бути будь-який живий організм, починаючи з клітини і кінчаючи людиною.

Внутрішнє переміщення речовини – одна з найважливіших функцій багатьох технічних засобів. "Груба машина" здійснює цю функцію за допомогою труб, насосів тощо, а "тонка" – за допомогою пористих матеріалів та молекулярних сил.

Приклад 5.74 Випарне охолодження електричних машин

Система випарного охолодження електричних машин, у конструкції якої з метою виключення необхідності підведення охолоджуючого агенту до машини активні частини і окремі конструктивні елементи виконані з пористих матеріалів, наприклад, пористих порошкових сталей, просочених рідким охолоджуючим агентом, який при роботі машини випаровується і таким чином забезпечує її короткочасне, інтенсивне і рівномірне охолодження (а.с. № 187135).

Приклад 5.75 Внесення домішок в рідкий метал

Спосіб внесення домішок в рідкий метал за допомогою вогнетривких матеріалів, який полягає у тому, що, з метою поліпшення режиму внесення домішок в метал занурюють пористий вогнетрив, попередньо просочений матеріалом домішки (а.с. № 283264).

5.2.32 Прийом 32. Принцип зміни забарвлення:

- а) змінити забарвлення об'єкта або зовнішнього середовища;
- б) змінити ступінь прозорості об'єкта або зовнішнього середовища;
- в) для спостереження за погано видимими об'єктами або процесами використовувати фарбувальні добавки;
- г) якщо такі добавки вже застосовуються, використовувати люмінофори.

Приклад 5.76 Прозора пов'язка

Прозора пов'язка, що дозволяє спостерігати рану, не знімаючи пов'язки (патент США № 3 425 412).

Приклад 5.77 Водяний захист

У ковальських і ливарних цехах, де необхідно захистити робітників від дії спеки, застосовують водяні завіси. Вони захищають

робітників від невидимих теплових (інфрачервоних) променів, однак сліпучо-яскраві промені від розплавленого металу безперешкодно проходять крізь тонку рідку плівку. Щоб захистити робітників від них, співробітники польського Інституту охорони праці запропонували фарбувати воду, з якої створюється водяна завіса, – залишаючись прозорою, вона повністю затримує теплові промені і в потрібному ступені послаблює силу видимого випромінювання.

5.2.33 Прийом 33. Принцип однорідності:

об'єкти, які взаємодіють з даним об'єктом, повинні бути зроблені з того ж матеріалу (або близького йому за властивостями).

Приклад 5.78 Постійна ливарна форма

Спосіб отримання постійної ливарної форми шляхом утворення в ній робочої порожнини методом лиття за зразком, який полягає у тому, що з метою компенсації усадки виробу, отриманого в цій формі, еталон і форму виконують з матеріалу, однакового з виробом (а. с. № 456 679).

Приклад 5.79 Змащування охолоджуваного підшипника ковзання

Спосіб змащування охолоджуваного підшипника ковзання, який полягає у тому, що, з метою поліпшення змащування при підвищених температурах, у якості мастила беруть той же матеріал, що і матеріал вкладища підшипника (а.с. № 234800).

Приклад 5.80 Очищення газів від пилу

Спосіб очищення газів від пилу, що містить розплавлені частинки, який полягає у тому, що, з метою підвищення ефективності процесу, вихідні гази барбитирують в середовищі, утвореному при злитті цих же частинок в розплав (а.с. № 180340).

Приклад 5.81 Зварювання металів

Спосіб зварювання металів, при якому зварювальні кромки встановлюють з зазором і подають в нього присадний матеріал з подальшим нагрівом зварювальних кромок, який полягає у тому, що, з метою поліпшення зварювання, в якості присадного матеріалу використовують легкі сполуки тих же металів, що і зварюються (а.с. № 259298).

5.2.34 Прийом 34. Принцип відкидання і регенерація частин:

а) частина об'єкта, яка виконала своє призначення або стала непотрібною, повинна бути відкинута (розчинена, випарувана і т. ін.), або видозмінена безпосередньо в ході роботи;

б) частини об'єкта, що витрачаються, повинні бути відновлені безпосередньо в ході роботи.

Приклад 5.82 Дослідження високотемпературних зон

Спосіб дослідження високотемпературних зон, переважно зварювальних процесів, який полягає у тому, що з метою поліпшення можливості дослідження високотемпературних зон при дуговому і електрошлаковому зварюванні використовують плавкий зонд-світловод, який безперервно подають в досліджувану зону зі швидкістю, не меншою за швидкість його плавлення (а. с. № 433 397).

Приклад 5.83 Захист від займання бензину

При аварійній посадці літака бензин спінюють за допомогою спеціальних хімічних речовин, переводячи його в негорючий стан (патент США № 3174550).

Приклад 5.84 Захист приладів при старті ракети

Щоб при різкому старті ракети не постраждали чутливі прилади, їх занурюють в пінопласт, який, виконавши роль амортизатора, швидко випаровується в космосі (патент США № 3160950).

Приклад 5.85 Виготовлення гвинтових мікропружин

Спосіб виготовлення гвинтових мікропружин, який полягає у тому, що з метою підвищення продуктивності опрацювання виконують з еластичного матеріалу і видаляють шляхом занурення її разом з пружиною до розчину, що розчиняє еластичний матеріал (а.с. № 222322).

Приклад 5.86 Компенсація зносу інструменту

Спосіб компенсації зносу непрофільованого електрода-інструменту при електроерозійній обробці струмопровідних матеріалів, який полягає у тому, що з метою збільшення терміну служби електрода-інструменту на його робочу поверхню в процесі обробки безперервно напшлюють шар металу (а.с. № 182492).

5.2.35 Прийом 35. Зміна фізико-хімічного стану об'єкта:

- а) змінити агрегатний стан об'єкта;
- б) змінити концентрацію чи консистенцію;
- в) змінити рівень гнучкості;
- г) змінити температуру.

Сюди входять не тільки прості переходи, наприклад від твердого стану до рідкого, але і переходи до "псевдостану" ("псевдорідини") і проміжних станів, наприклад використання еластичних твердих тіл.

Приклад 5.87 Гальмування літаків

Ділянка гальмування для посадкової смуги виконана у вигляді "ванни", заповненої в'язкою рідиною, на якій розташований товстий шар еластичного матеріалу (патент ФРН № 1 291 210).

Приклад 5.88 Масообмінні процеси

Спосіб проведення масообмінних процесів в системі газ - в'язка рідина, який полягає у тому, що з метою інтенсифікації процесу в'язку рідину перед подачею в апарат попередньо газують (а.с. № 265068).

Приклад 5.89 Дозатор сипких матеріалів

У дозаторі сипких матеріалів шнек виконаний з еластичного матеріалу із пружинною спіраллю (див. рис. 5.4); це дозволяє регулювати крок шнека (а.с. № 222781).

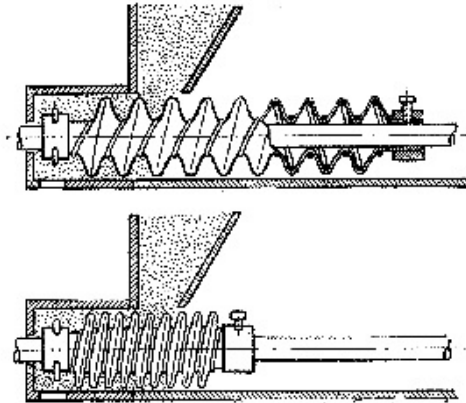


Рисунок 5.4 – Конструкція дозатора з гнучким шнеком

5.2.36 Прийом 36. Застосування фазових переходів:

використовувати явища, що виникають при фазових переходах, наприклад зміна об'єму, виділення або поглинання тепла і т. ін.

"Фазовий перехід" – поняття більш широке, ніж "зміна агрегатного стану". До фазових переходів, зокрема, відносяться зміни кристалічної структури речовини. Так, олово може існувати у якості білого олова (щільність 7,31 г/см³) і сірого олова (щільність 5,75 г/см³). Перехід від одного до іншого стану при 18 °С супроводжується різким збільшенням об'єму (значно більшим, ніж при замерзанні води; тому тут можуть бути отримані набагато більші зусилля).

Поліморфізм (кристалізація у кількох формах) властивий багатьом речовинам. Явища, що супроводжують поліморфні переходи, можуть бути використані при розв'язанні різних винахідницьких задач. Наприклад, у патенті США № 3156974 використовуються поліморфні трансформації вісмуту та церію.

Приклад 5.90 Пам'ять OUM

В більшості електронних пристроїв використовується Flash-пам'ять. Один з перспективних альтернативних варіантів – пам'ять OUM (Ovonic Unified Memory), принцип дії якої заснований на унікальній властивості халькогенідних сплавів приймати два стійких стани – аморфний та полікристалічний. При нагрівання сплаву до 600°С він переходить у аморфний стан, при охолодженні – у полікристалічний; при цьому його опір у кожному з цих станів суттєво відрізняється. Саме величина цього опору використовується у якості "0" чи "1" при читанні [10].

Приклад 5.91 Охолодження рідким теплоносієм

Спосіб охолодження різних об'єктів за допомогою циркулюючого замкнутим колом рідкого теплоносія, який відрізняється тим, що, з метою зменшення кількості циркулюючого теплоносія і зниження енергетичних витрат, частину теплоносія переводять в тверду фазу і охолодження ведуть отриманою сумішшю (а.с. № 225851).

5.2.37 Прийом 37. Застосування теплового розширення:

- а) використовувати теплове розширення (або стиснення) матеріалів;
- б) використовувати кілька матеріалів з різними коефіцієнтами теплового розширення.

Приклад 5.92 Волочіння труб

Спосіб волочіння труб на рухомій оправі при знижених температурах, який полягає у тому, що з метою створення зазору між трубою і оправою після волочіння для вилучення останньої з труби без обкатки в охолоджену трубу перед волочінням вводять попередньо підігріту, наприклад, до температури від 50 °С до 100 °С оправу, яку витягують після вирівнювання температур труби і оправу (а.с. № 309758).

Приклад 5.93 Забезпечення мікропереміщення

З метою забезпечення максимальної плавності пристрій для мікропереміщення робочого об'єкта, наприклад кристалоутримувача з запалом, містить два стрижні, які нагріваються й охолоджуються електричним струмом за заданою програмою та знаходяться в закріплених на супортах термостатних камерах і по черзі переміщують об'єкт в потрібному напрямку (а.с. № 242127).

5.2.38 Прийом 38. Застосування сильних окиснювачів:

- а) замінити звичайне повітря збагаченим;
- б) замінити збагачене повітря киснем;
- в) впливати на повітря або кисень іонізуючим випромінюванням;
- г) використовувати озонований кисень;
- д) замінити озонований (або іонізований) кисень озоном.

Приклад 5.94 Отримання плівок фериту

Спосіб отримання плівок фериту шляхом хімічних газотранспортних реакцій в окислювальному середовищі, який полягає у тому, що з метою інтенсифікації окислення і збільшення однорідності плівок процес здійснюють в середовищі озону (а.с. №261859).

Приклад 5.95 Спінання і випал дисперсного матеріалу

Спосіб спінання і випалу дисперсного матеріалу із застосуванням інтенсифікації процесу горіння шляхом продувки повітрям, збагаченим киснем.

Приклад 5.96 Плазмо дугове різання нержавіючих сталей

Плазмо дугове різання нержавіючих сталей, при якому в якості ріжучого газу беруть чистий кисень.

5.2.39 Прийом 39. Застосування інертного середовища:

- а) замінити звичайне середовище інертним;
- б) вести процес у вакуумі.

Приклад 5.97 Запобігання займанню бавовни в сховищі

Спосіб запобігання займанню бавовни в сховищі, який полягає у тому, що з метою підвищення надійності зберігання бавовну оброблюють інертним газом в процесі її транспортування до місця зберігання (а.с. № 270171).

5.2.40 Прийом 40. Застосування композиційних матеріалів:

перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

Композиційні матеріали являють собою складові матеріали, що мають властивості, не притаманні їхнім частинам. Наприклад, пористі матеріали є композицією з твердої речовини і повітря; а тверда речовина, ані повітря порізно не мають тих властивостей, які є у пористих речовин.

Композиційні матеріали винайдені природою та широко нею використовуються. Так, деревина є композицією целюлози з лігніном. Волокна целюлози мають високу міцність на розрив, але легко згинаються. Лігнін пов'язує їх у єдине ціле і надає матеріалу жорсткість.

Цікавим композиційним матеріалом є поєднання легкоплавкої речовини (наприклад, сплаву Вуда) з волокнами тугоплавкого матеріалу (наприклад, сталі). Такий матеріал легко плавиться, а застигнувши, має високу міцність. Поступово відбувається взаємна дифузія частинок припою та волокон, внаслідок чого утворюється сплав із високою температурою плавлення.

Інший композиційний матеріал – зависті частинок кремнію в маслі – здатний твердіти в електричному полі.

Приклад 5.98 Забезпечення заданої швидкості охолодження

З метою забезпечення заданої швидкості охолодження середовище для охолодження металу при термічній обробці складається з суспензії газу в рідині (а.с. № 187060).

Приклад 5.99 Магнітні чорнила

Спосіб запису, при якому використовують чорнило, що містить дрібні магнітні частинки. На відміну від звичайних, магнітним чорнилом керує магнітне поле (а.с. № 147225).

Використання наведених вище прийомів ускладнене тим, що кожен з них містить ще декілька підприймів, тому загальна кількість прийомів перевищує сотню. Поки задача не розв'язана, користувач не знає, яким саме прийомом скористатися, і змушений перепробувати усі варіанти, що потребує багато часу на відшукання рішення та схоже на розв'язання задач традиційним методом СіП. Але коли ТП виявлене і сформульоване, задача відшукання відповідних прийомів, що раніше використовувалися при розв'язуванні аналогічного протиріччя, істотно спрощується. Для цього використовується спеціально розроблена таблиця (див. табл. 5.1), у якій відбито колективний творчий досвід декількох поколінь винахідників.

У цій таблиці по вертикалі розташовуються 39 груп характеристик технічних систем, що за умовами задачі необхідно поліпшити, а по горизонталі – ті ж самі характеристики, що при цьому неприпустимо погіршуються:

- 1 – вага рухомого об'єкта;
- 2 – вага нерухомого об'єкта;
- 3 – довжина рухомого об'єкта;
- 4 – довжина нерухомого об'єкта;
- 5 – площа рухомого об'єкта;
- 6 – площа нерухомого об'єкта;
- 7 – об'єм рухомого об'єкта;
- 8 – об'єм нерухомого об'єкта;
- 9 – швидкість;
- 10 – сила;
- 11 – напруження, тиск;
- 12 – форма;
- 13 – стійкість складу;
- 14 – міцність;

Кінець таблиці 5.1

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Що погіршується при зміні → Що треба змінити за умовами задачі ↓	Потужність	10,35	28,27	35,20	4,34	19,24	32,15	19,22	2,35	26,10	26,35	35,2	19,17	20,19	19,35	28,2	28,35		
	Витрати енергії	38	18,38	10,2	10,6	19	26,31	2	32,2	31,2	18	34	10	10,34	34	30,34	16	17	34
Витрати енергії	3,38	35,27	2,37	19,1	32,7	25	35	32	35,2	2,22	35,32	1	2,19	7,23	15,23	3	28,10		
	28,27	35,27	15,18	6,3	10,29	16,34	35,10	33,22	10,1	15,34	32,28	35,10	35,18	35,10	35,18	35,10	28,35		
Витрати інформації	18,38	2,31	35,10	10,24	39,35	31,28	24,31	30,40	34,29	33	2,24	34,27	2	28,24	10,13	18	10,23		
	10,2	19,1	24,26	24,28	10,28		22,10	10,21		22	32	27,2			35,3	35	15		
Витрати часу	35,20	10,5	35,18	24,26	35,38	10,30	24,34	24,26	35,18	35,22	35,28	28	32,1			18,28	24,28		
	10,6	18,32	10,39	28,32			28,32	28,18	34	18,39	34,4	10,34	10	35,3	6,29	32,10	35,30	13,29	
Кількість речовини	7,18	6,3	24,28	35,38	18,16	4	3,2	3,32	3,35	29,1	35,29	2,32	15,3	3,13	3,27				
	35	25	10,24	35	18,16		28,40	28	33,3	39,31	40,39	35,27	10,25	29	27,10	29,18	8,35	3,27	
Надійність	21,11	10,11	10,35	10,30	21,28		32,3	1,32	27,35	35,2	27,17	13,35	13,35	13,35	27,40	11,13	1,35		
	26,31	35	29,39	10,3	40,3		11,23	1	2,40	40,26	40	1,11	8,24	1	28	27	29,38		
Точність вимірювань	3,6	26,32	10,16	24,34	2,6	5,11			28,24	3,33	6,35	1,13	1,32	13,35	27,35	26,24	28,2	10,34	
	32	27	31,28	28,32	32	1,23			22,26	39,10	25,18	17,34	13,11	2	10,34	32,28	10,34	28,32	
Точність виготовлення	13,32	35,31	32,26			11,32			26,28	4,17	1,32				26,2	26,28	10,18		
	32,2	2	10,24	28,18	32,3	1			10,36	34,26	35,23	25,1			18	18,23	32,39		
Шкідливі фактори, що діють на об'єкт	19,22	21,22	33,22	22,10	35,18	35,33	27,24	28,33	26,28		24,35	2,25	35,10	35,11	22,19	22,19	33,3	22,35	
	31,2	35,2	19,40	2	34	29,31	2,40	23,26	10,18		2	28,39	2	22,31	29,40	29,40	34	13,24	
Шкідливі фактори самого об'єкта	2,35	21,35	10,1	10,21		3,24	24,2	3,33	4,17						19,1	2,21	22,35		
	18	2,22	34	29	1,22	39,1	40,39	26	34,26						31	27,1	2	18,39	
Зручність виготовлення	27,1	15,34	32,24	35,28	35,23		1,35								2,5	35,1	2,13	27,26	8,28
	12,24	19,4	33	18,16	34,4	1,24	12,16		24,2						13,16	11,9	15	11,1	10,28
Зручність експлуатації	35,34	2,19	28,32	4,10	4,28	17,27	25,13	1,32	2,25		2,5	12,26	15,34	32,25	1,34	15,1			
	2,10	13	2,24	27,22	10,34	12,4	8,40	2,34	35,23	28,39	12	1,32	1,16	12,17	12,3	28			
Зручність ремонту	15,10	15,1	2,35	32,1	2,28	11,10	10,2		35,10		1,35	1,12		7,1	35,1	34,35	1,32		
	32,2	32,19	34,27	10,25	10,25	1,16	13	25,1	2,16		11,10	26,15	4,16	13,11	15,10	7,13	10		
Адаптація, універсальність	19,1	18,15	15,10	3,35	35,13	35,5	35,11		35,11		1,13	15,34	1,16	15,29	27,34	35,28			
	29	1	2,13	35,3	15	8,24	1,10	32,31		31	1,16	7,4		37,28	1	35	6,37		
Складність побудови	20,19	10,35	35,10	13,3	13,35	2,26	26,24	22,19	27,26	27,9	19,17	26,24	29,15	15,10	15,1	12,17			
	30,34	13,2	28,29	6,29	27,10	1	10,34	32	29,40	19,1	11,3	26,24	1,13	28,37	28,4	37,28	24	28	
Складність контролю та вимірювання	19,1	35,3	1,18	35,33	16,28	3,27	27,40	26,24	22,19	5,28	2,21	11,29	2,5	12,3	1,15	37,28	34,2	35,2	
	16,10	15,19	10,24	27,22	32,9	29,18	28,8	32,28	29,28		1,26	1,12	1,35	27,4	15,24	34,27	5,12		
Ступінь автоматизації	28,2	23,3	18,5	35,3	35,30	35,1	32	10,34	18,23	2,33	2	35	32,13	1,35	10	25	35,26		
	35,20	28,10	28,10	13,15		1,35	1,10	32	22,35	35,28	1,28	1,32	1,35	12,17	35,18	5,12			
Продуктивність	10	29,35	35,23	23	35,4	10,38	34,28	18,10	13,24	18,39	2,24	7,19	10,25	28,37	28,24	27,2	35,26		

- 15 – час дії рухомого об'єкта;
- 16 – час дії нерухомого об'єкта;
- 17 – температура;
- 18 – освітленість;
- 19 – витрати енергії рухомого об'єкта;
- 20 – витрати енергії нерухомого об'єкта;
- 21 – потужність;
- 22 – втрати енергії;
- 23 – витрати речовини;
- 24 – витрати інформації;
- 25 – витрати часу;
- 26 – кількість речовини;
- 27 – надійність;
- 28 – точність вимірювань;
- 29 – точність виготовлення;
- 30 – шкідливі фактори, що діють на об'єкт;
- 31 – шкідливі фактори самого об'єкта;
- 32 – зручність виготовлення;
- 33 – зручність експлуатації;
- 34 – зручність ремонту;
- 35 – адаптація, універсальність;
- 36 – складність пристрою;
- 37 – складність контролю;
- 38 – ступінь автоматизації;
- 39 – продуктивність.

Припустимо, нам необхідно щось поліпшити в нашій системі. Вибираємо один з відомих методів (засобів), здатних це зробити. Якщо поліпшення досягається без шкідливих наслідків, то проблема розв'язана, винахідницька задача відсутня. Якщо ж використання відомих методів чи засобів призводить до будь-якого шкідливого ефекту (погіршення іншої характеристики), то звертаємося до таблиці. На перетині рядків і колонок з найменуваннями характеристик, що поліпшуються і погіршуються, знаходимо номера прийомів, що дозволяють з найбільшою імовірністю усунути виникаюче технічне протиріччя.

Розглянемо застосування прийомів усунення технічних протиріч з використанням табл. 5.1 на прикладі.

Приклад 5.100 Удосконалення маховика

Маховики використовують як акумулятори енергії. Чим більші їхні діаметр і маса, тим більше енергії вони акумулюють, але чим більші діаметр і швидкість обертання, тим більші сили розриву маховика. Як бути?

Розв'язання

Сформулюємо технічні протиріччя:

- діаметр маховика – сила розриву;
- маса маховика – сила розриву;
- швидкість обертання маховика – сила розриву;
- діаметр маховика – міцність маховика;
- маса маховика – міцність маховика;
- швидкість обертання маховика – міцність маховика.

Діаметр маховика можна розглядати як параметр 3: довжина рухомого об'єкта; масу – як параметр 1: вага рухомого об'єкта.

Усі інші параметри однойменні.

Опишемо технічні протиріччя у вигляді універсальних параметрів, зазначивши номери прийомів, що відповідають цим протиріччям (див. табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Технічні протиріччя та прийоми, що рекомендуються для їх розв'язання, для прикладу 5.101

Що треба поліпшити за умовами задачі	Що при цьому погіршується	Рекомендуємі прийоми
3. Довжина рухомого об'єкта	10. Сила	17, 10, 4
1. Вага рухомого об'єкта	10. Сила	8, 10, 18, 37
9. Швидкість	10. Сила	13, 28, 15, 19
3. Довжина рухомого об'єкта	14. Міцність	8, 35, 29, 34
1. Вага рухомого об'єкта	14. Міцність	28, 27, 18, 40
9. Швидкість	14. Міцність	8, 3, 26, 14

Таблиця запропонувала 18 різних прийомів:

- 3 – принцип місцевої якості;
- 4 – принцип асиметрії;
- 8 – принцип антиваги;
- 10 – принцип попереднього виконання;
- 13 – принцип "навпаки";

- 14 – принцип сфероїдальності;
- 15 – принцип динамічності;
- 17 – принцип переходу до іншого виміру;
- 18 – використання механічних коливань;
- 19 – принцип періодичної дії;
- 26 – принцип копіювання;
- 27 – дешева недовговічність замість дорогої довговічності;
- 28 – заміна механічної схеми;
- 29 – використання пневмоконструкцій та гідроконструкцій;
- 34 – принцип покидьку та регенерації частин;
- 35 – зміна фізико-хімічних властивостей;
- 37 – застосування термічного розширення;
- 40 – застосування композиційних матеріалів.

Опишемо використання деяких прийомів.

Прийом 3 Принцип місцевої якості

На початку ХХ століття винахідники маховиків намагалися відсунути основну масу якнайдалі від центру, не розуміючи, що при цьому відцентровим силам тим легше розірвати маховик, чим більше обертів. Інженер-самоучка А.Уфимцев вчинив інакше: він зробив диск масивним у центрі та витонченим до периферії. На високих швидкостях обертання маховик стає рівноміцним і не розривається. Відповідно зростала енергоємність маховика; її межею служила міцність матеріалу, з якого виготовлено диск.

Прийом 3 Принцип місцевої якості

Ще один варіант використання цього прийому. Маховик можна зробити у вигляді дзвону та двигун помістити всередину його.

Прийом 40 Застосування композиційних матеріалів

Міцність маховика підвищується, якщо його виконати з туго намотаної та скріпленої сталеві стрічки.

Прийом 28 Заміна механічної схеми

Маховик намотується із здвоєних ізольованих стрічок. У процесі роботи на стрічки подається різнойменна напруга – створюється сила притискання стрічок одна до одної.

Прийом 15 Принцип динамічності

Маховик є порожнистим тором, заповненим рідиною і кулями з феромагнітного матеріалу. Тор одягнений на маточину, а на ободі тора закріпленій соленоїд. Момент інерції маховика можна плавно регулювати, змінюючи магнітне поле в соленоїді.

Самі прийоми, звичайно, не дають прямої відповіді на те, як потрібно вирішувати конкретну задачу, але вони вказують напрямком, сектор, у якому доцільно шукати рішення.

5.3 Метод вузлового компонента

Як було показано вище, у ТС цілком певні, однозначні кількісні зміни всередині системи, на рівні фізичних властивостей і взаємодій елементів, призводять до двох протилежних результатів на рівні входу і виходу системи: до поліпшення одного і погіршення іншого боку системи, тобто виникає технічне протиріччя. Розв'язати загострене ТП – значить перевести ТС в такий стан, при якому погіршення одного з боків системи перестає бути неприпустимим [8].

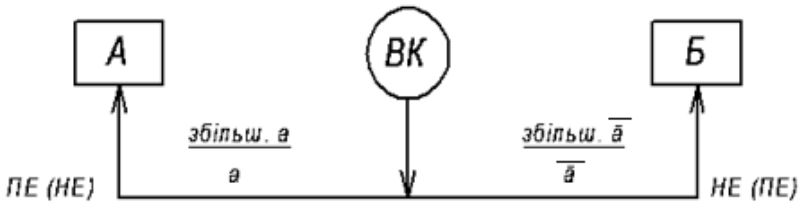
З визначення ТП витікає, що для його виявлення необхідно знайти:

- боки ТС, що поліпшуються та погіршуються;
- вузловий компонент (ВК), тобто компонент системи, пов'язаний з цими двома боками;
- параметр ВК, кількісна зміна якого призводить до поліпшення одного боку і погіршення іншого боку ТС.

Вузловий компонент може мати вигляд елемента, групи елементів або взаємодії елементів системи. ВК досить часто являє собою компонент, що входить відразу в дві функціональні підсистеми.

Параметром може бути довжина, температура, потужність, швидкість, кількість елементів, ступінь дроблення, ступінь взаємодії і т. ін. Кількісні зміни цього параметра можуть мати вигляд "збільшення – зменшення" або "наявність – відсутність" параметра – в залежності від його природи (аж до "наявності – відсутності" самого ВК).

Зв'язок ВК, його параметра і боків системи, що становлять протиріччя, видно з наступної схеми (рис. 5.5), що відбиває логічну структуру технічного протиріччя.



$$\begin{aligned}
 ТП' &= ПЕ(А) + НЕ(Б) \left(\frac{\text{збільш. } a}{a} ВК \right) \\
 ТП'' &= НЕ(А) + ПЕ(Б) \left(\frac{\text{збільш. } \bar{a}}{\bar{a}} ВК \right)
 \end{aligned}$$

Рисунок 5.5 – Логічна структура технічного протиріччя

Тут ВК – вузловий компонент; А, Б – боки ТС; а – параметр ВК; ā – заперечення; ПЕ – позитивний ефект (поліпшення); НЕ – небажаний ефект (погіршення).

З наведеної схеми видно, що однозначні кількісні зміни на рівні внутрішнього функціонування ТС роздвоюються на протилежності – на поліпшення і погіршення зовнішніх сторін системи. Там же видно, що ТП може існувати в двох симетричних формах, що відповідають двом різним кількостям (станам) параметра ВК і, відповідно, двом різним станам системи.

Виявлення протиріччя в тому випадку, коли відомо необхідне поліпшення або наявне погіршення однієї зі сторін ТС, слід проводити в наступній послідовності:

а) побудувати причинно-наслідковий ланцюг між боками системи, що поліпшується та погіршується:

- 1) бік ТС, що поліпшується;
- 2) кількісна зміна в системі, необхідна для поліпшення зазначеної сторони;
- 3) наслідки цієї зміни на рівні властивостей і взаємодій (дій) елементів;
- 4) погіршення іншого боку (НЕ);

б) розглянути побудований причинно-наслідковий ланцюг і відповідно до логічної структури протиріччя уточнити його, виявивши ВК і його параметр;

в) записати формулювання ТП за наступною формою:

Покращення А (Б) за рахунок $\frac{\text{збільшення } a(\bar{a})}{a(\bar{a})}$ ВК погіршує Б (А)

Слід зазначити, що формулювання поліпшеного і погіршеного боків повинні відповідати зовнішньому функціонуванню системи, тобто якимось її здібностям, функціям і т. ін.

Виявивши протиріччя, можна намітити напрямки його розв'язання шляхом заперечення суперечностей, причому запереченню піддається не весь об'єкт, а тільки те, що заважає його подальшому розвитку.

Коли в системі загострюється протиріччя, то зовнішнім проявом негативного, що заважає розвитку, виступає небажаний ефект (НЕ). В результаті заперечення він повинен зникнути, а ПЕ (поліпшення), що є іншою стороною ТП, повинен залишитися. За своєю суттю діалектичне заперечення направлене на усунення протиріччя, тобто, на його інверсію: $\overline{\text{ТП}} = \text{ПЕ} + \overline{\text{НЕ}}$

Бажано встановити: за якої умови протиріччя буде обов'язково усунене. Для виявлення цієї умови слід звернутися до логічної структури ТП і подивитися, як вона зміниться при інверсії цього протиріччя, тобто при поліпшенні своїх боків, що становлять протиріччя (рис. 5.6).

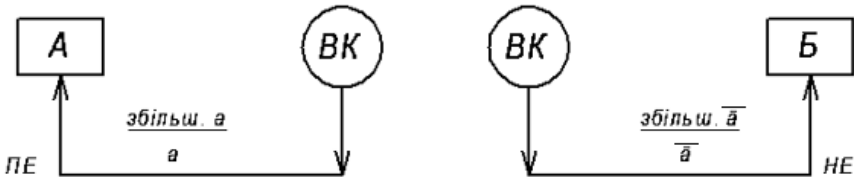


Рисунок 5.6 – Інверсія ТП

З наведеної схеми видно, що умова усунення ТП полягає у виконанні взаємовиключних вимог до стану ВК: параметр ВК повинен бути великим і маленьким, повинен бути і не бути і т. ін.

Для забезпечення цієї умови вводиться так званий "оператор заперечення". Оператор заперечення дозволяє виявити, що саме треба робити "навпаки" у системі для вирішення даного конкретного

протиріччя, його ціль – отримати не рішення, а напрямок розв’язання ТП.

Оператор заперечення, як найбільш загальний метод вирішення протиріччя ТС, дозволяє виявити всі основні напрями вирішення протиріччя. Його застосування дозволяє усунути конфліктуючі, суперечливі відносини між зовнішніми сторонами ТС та отримати протиріччя всередині системи, на рівні властивостей і взаємодій елементів, тобто перейти до фізичного протиріччя, логічна структура якого наведена на рис. 5.7.

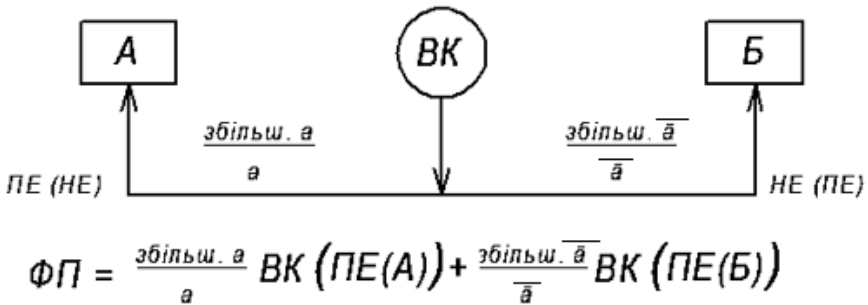


Рисунок 5.7 – Логічна структура ФП

Формулювання ФП має велику евристичну цінність. Представляючи в гранично загостреній формі проблему усунення ТП, фізичне протиріччя в той же час вказує і умову цього усунення.

Приклад 5.101 Підвищення ефективності плазмової панелі

Умова задачі

Плазмовий дисплей дає хорошу якість зображення, але має низку недоліків. Один з них – низька ефективність: відношення світлового потоку, що виробляється дисплеєм, до споживаної енергії значно менше, ніж у інших типів дисплеїв. При цьому важливо відзначити, що параметри всіх компонентів плазмової панелі оптимізовані, і їх не можна змінювати.

Плазмова панель являє собою герметично закриту коробку, що складається з двох листів скла, з'єднаних периферійною рамкою. Панель заповнена інертним газом, тиск якого нижчий за атмосферний. На задньому склі розташовані підпикселі – комірки, стінки яких покриті фосфором, що дає світло трьох основних кольорів

(відповідно, три комірки, що створюють три різні кольори, утворюють піксель).

На передньому склі розміщені прозорі електроди (по два для кожної комірки). Зазор між електродами такий, щоб при подачі напруги на електроди міг виникнути плазмовий розряд. Хмара плазми, що виникає при іонізації інертного газу, генерує потік фотонів в ультрафіолетовому діапазоні. Фотони впливають на фосфор, розташований на стінах комірки, який випромінює видиме світло потрібного кольору.

Потужність, що споживається панеллю, залежить від величини напруги, що подається на електроди. Причому напруга, необхідна для активації плазми, значно перевищує величину напруги, необхідної для підтримки існування плазми.

З фізики відомо, що чим менше відстань між електродами, тим менше значення напруги, достатньої для виникнення плазмового розряду. Однак для того, щоб забезпечити світіння в розмірах усієї комірки, електроди повинні бути розташовані пропорційно величині комірки, яка, як було зазначено вище, оптимізована і зміни не підлягає.

Розв'язання

Позитивний ефект (ПЕ) – забезпечення світіння у розмірі комірки (пікселя).

Небажаний ефект (НЕ) – зменшення ефективності роботи (відношення світловий потік / потужність).

Причинно-наслідкова модель ТП, у основі якої лежить принцип дії системи, наведена у табл. 5.3.

У комірках стовпця "Прийнято у системі" наведені компоненти причинно-наслідкового ланцюгу: у верхній комірці – ПЕ, у нижній – НЕ, у інших – проміжні компоненти, причому, перехід між компонентами угору, починаючи з НЕ, відбувається спочатку шляхом запитання "чому?", а після чергового компонента угору до ПЕ – шляхом запитання "для чого?". Саме цей компонент, на якому відбувається зміна питання, є **вузловим компонентом**.

Таблиця 5.3 – Причинно-наслідкова модель ТП

Ланки причинно-наслідкового ланцюгу	Прийнято у системі	Стало навпаки
Сторона ТС, що поліпшується	Забезпечення світіння у розмірі комірки (пікселя) – ПЕ	
	↑ для чого?	
Умови, що забезпечують існування вказаного боку ТС	Велика відстань між електродами	Мала відстань між електродами
	↑ чому?	
Наслідки змін у ТС	Велика споживча напруга	Мала споживча напруга
	↑ чому?	
	Великі витрати потужності	Малі витрати потужності
	↑ чому?	
Погіршення другого боку ТС (НЕ)	Ефективність роботи (відношення світловий потік / потужність) зменшується	Ефективність роботи не зменшується

З табл. 5.3 видно, що вузловим компонентом для даної задачі є компонент "Велика відстань між електродами".

У комірках стовпця "Стало навпаки" компоненти причинно-наслідкового ланцюгу розташовані з урахуванням діалектичного заперечення, при цьому, їх поєднання з відповідними компонентами стовпця 1 дає змогу сформулювати різні класи локальних задач.

В даному випадку слід розглянути наступні задачі.

Перший клас. Забезпечення ефективної роботи при великих витратах потужності.

Другий клас. Забезпечення малих витрат потужності при великій споживчій напрузі.

Третій клас. *Забезпечення великої відстані між електродами при малій споживчій напрузі.*

Четвертий клас. *Забезпечення світіння у розмірі комірки при малій відстані між електродами.*

Розв'язання будь-якої зі сформульованих задач приведе до розв'язання основної задачі.

Виходячи з умови задачі, коротко систему можна описати як два електроди в прозорому осередку з інертним газом. З усіх зазначених ознак фактором особливості, що можна змінювати, є кількість електродів. З цього витікає наступний напрямок розв'язання протиріччя: використовувати "не два" електроди. Зокрема, можна встановити чотири електроди: два допоміжні (ті, що ініціюють) на малій відстані для забезпечення запалення плазми при зниженій напрузі і два основних на великій відстані для забезпечення світіння у розмірі осередку в режимі підтримки існування плазми.

За наявності чотирьох електродів забезпечується помітне зниження споживної напруги і потужності, але виникає новий НЕ: після запалення плазми між допоміжними електродами електричний опір між ними стає помітно менше, ніж між основними навіть в умовах поширення плазми за об'ємом комірки. Тому основний потік електричної енергії йде через допоміжні електроди, не забезпечуючи належної інтенсивності світіння в об'ємі всієї комірки. Оскільки динамізація, наприклад, у вигляді перемикавання напруги з однієї пари електродів на іншу, в даній системі не реалізується, необхідно виявити фактор особливості, зміна якого можлива. Таким фактором у цій ситуації є величина електричного опору, яку можна регулювати. Зокрема, можна до ланцюга з допоміжними електродами додати додатковий електричний опір (наприклад, у вигляді провідників), підбравши його величину таким чином, щоб сумарний електричний опір між допоміжними електродами був меншим, ніж між основними електродами, в момент перед запаленням плазми, але більший при розповсюдженні плазмової хмари за обсягом комірки у режимі підтримки існування плазми.

Введення додаткових провідників до допоміжних (ініціюючих) електродів породило ще одне протиріччя: забезпечення збільшення електричного опору (ПЕ) за рахунок використання довгих провідників ускладнило розміщення їх у розмірах комірки (НЕ). Тут $a(BK)$ "використання довгих провідників" однаково пов'язане з ПЕ та НЕ.

Однак ознака "довгий провідник" містить у собі два сенси: з ПЕ пов'язаний абсолютний розмір провідника, що визначає його електричний опір, а з НЕ – як одна з характеристик форми провідника, що визначає його розміщення у просторі. Тому можна усунути НЕ за рахунок зміни форми провідника (зигзагу чи спіралі), зберігши при цьому його абсолютну довжину, що забезпечує існування ПЕ.

Схема результуючого рішення показана на рис. 5.8.

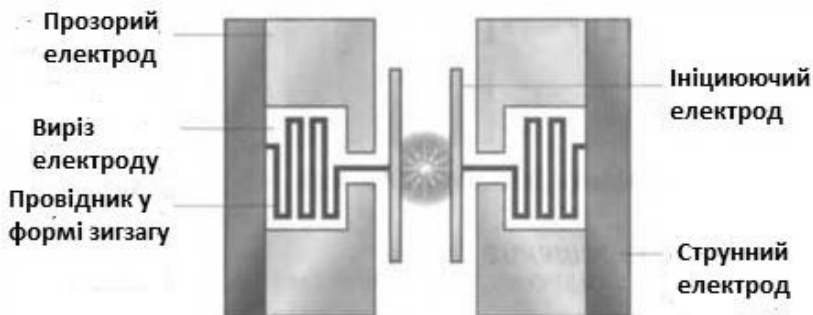


Рисунок 5.8 – Схема комірки плазмової панелі

5.4 Прийоми усунення фізичних протиріч

5.4.1 Прийом 1

Замінити вузловий компонент (ВК) системою, що складається з двох елементів, кожний з яких характеризується одним зі значень параметра, зазначеного у формулі фізичного протиріччя.

Приклад 5.102 Захист від агресивного середовища

Відома силова конструкція 1 (див. рис. 5.9), виготовлена з корозійно стійкого матеріалу і працююча в агресивному середовищі. Вона характеризується такими показниками як тривалість експлуатації і вартість.

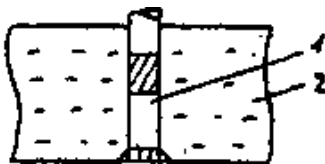


Рисунок 5.9 – Приклад до прийому 1

Якщо прийняти у якості ВК силову конструкцію, а вузлового параметра (ВП) – тип матеріалу, з якого вона виготовлена, то можна сформулювати наступне фізичне протиріччя (ФП): "Силова конструкція повинна бути виготовлена з матеріалу типу А (корозійно стійкий матеріал), що дозволить збільшити тривалість її експлуатації; силова конструкція повинна бути виготовлена з матеріалу типу Б (не корозійно стійкий матеріал), що дозволить зменшити її вартість".

Усунення ФП

Принципове рішення: замінити силову конструкцію, виготовлену з корозійно стійкого матеріалу, на конструкцію 1, виготовлену з "дешевої" сталі, але що має корозійно стійке покриття, наприклад, шар фарби 2.

Технічне рішення наведено на рис. 5.10.

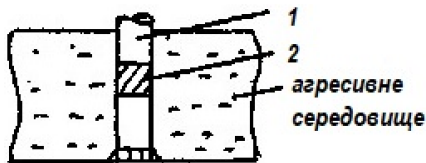


Рисунок 5.10 – Усунення ФП до прийому 1

5.4.2 Прийом 2

Замінити ВК об'єктом, різні частини якого мають різні значення параметра, зазначеного у формулі фізичного протиріччя.

Приклад 5.103 Консольна балка

Одним з основних елементів багатьох силових конструкцій є консольно закріплена балка 1 (див. рис. 5.11). Її функція полягає в передачі до опори фіксованого навантаження.

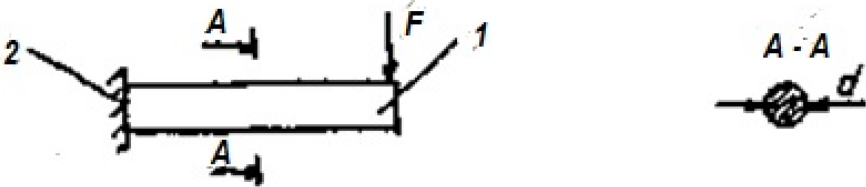


Рисунок 5.11 – Приклад до прийому 2

Такий силовий елемент серед іншого характеризується такими показниками, як величина переданого навантаження F і вага G .

Якщо в якості ВК прийняти даний силовий елемент, а в якості ВП – площу його поперечного перерізу, то можна сформулювати наступне ФП: "Площа поперечного перерізу балки повинна дорівнювати S ($S = \frac{\pi d^2}{4}$), що дозволить забезпечити передачу навантаження величиною F ; площа поперечного перерізу балки повинна бути як можна найменшею, що дозволить зменшити її вагу".

Усунення ФП

Принципове рішення. Замінити балку, що має у всіх частинах постійну площу поперечного перерізу, на балку з перемінною за довжиною площею поперечного перерізу.

Технічне рішення наведено на рис. 5.12.



Рисунок 5.12 – Усунення ФП до прийому 2

5.4.3 Прийом 3

Замінити ВК системи безліччю однакових елементів, кожний з яких характеризується одним значенням параметра, зазначеного у формулі ФП, а система в цілому – іншим значенням.

Приклад 5.104 Електрошина

Для підведення електричного струму до металевої пластини 1 через діелектричну тканину 2 використовується електрошина 3, виконана у формі голки (див. рис. 5.13).

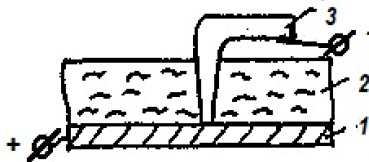


Рисунок 5.13 – Приклад до прийому 3

Ця система характеризується такими показниками як сила

струму, що протікає по електричній шині, і ступінь ушкодження діелектричної тканини.

Якщо прийняти в якості ВК електричну шину, а в якості ВП площу контакту між нею і пластинкою, то можна сформулювати наступне ФП: "Площа контакту повинна бути якнайбільшою, що дозволить збільшити силу струму, який протікає по електричній шині; площа контакту повинна бути як можна найменшою, що дозволить зменшити ступінь ушкодження діелектричної тканини".

Усунення ФП

Принципове рішення. Замінити електрошину, що складається з однієї голки, на електрошину, що складається з безлічі голок значно меншого діаметра.

Технічне рішення наведено на рис. 5.14.



Рисунок 5.14 – Усунення ФП до прийому 3

Сумарна площа електричного контакту окремих голок із пластиною може значно перевищувати аналогічну характеристику вихідної системи.

5.4.4 Прийом 4

Замінити ВК об'єктом, що характеризується двома параметрами, аналогічними ВК, кожен з яких має одне зі значень, зазначених у формулі ФП.

Приклад 5.105 Підсвічування шкал приладів

Відома система, призначена для підсвічування плоских шкал авіаприладів. Вона складається зі світлопроводу, складеного з двох плоских клинів 1, джерела світла 2 і дзеркал 3.

За аналогією з нею була запропонована система підсвічування сферичних шкал авіаприладів (див. рис. 5.15).

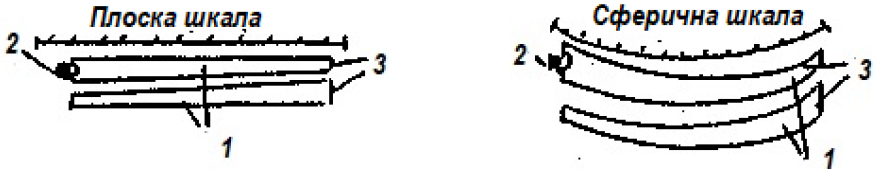


Рисунок 5.15 – Приклад до прийому 4

Остання система підсвічування дозволяє одержати рівномірне висвітлення сферичної шкали, але при цьому виникають оптичні перекручування при зчитуванні пілотом показань цих приладів. У прототипу подібного недоліку немає.

Якщо в останній системі прийняти в якості ВК світлопровід, а його сферичний радіус – у якості ВП, то можна сформулювати наступне ФП: "Сферичний радіус світлопроводу повинен дорівнювати нескінченності (радіус площини), що дозволить зчитувати показання приладу без оптичних перекручень; сферичний радіус повинен дорівнювати радіусу шкали приладу, що дозволить забезпечити рівномірність її висвітлення".

Усунення ФП

Принципове рішення. Замінити світлопровід, використовуваний у вихідній системі, на світлопровід, що характеризується двома сферичними радіусами, один із яких дорівнює нескінченності, а другий – радіусу шкали приладу.

Технічне рішення наведено на рис. 5.16.



Рисунок 5.16 – Усунення ФП до прийому 4

5.4.5 Прийом 5

Змінити умови, у яких знаходиться ВК, таким чином, щоб його різні частини мали різні значення параметра, зазначеного у формулі ФП.

Приклад 5.106 Загартування поверхні металевої деталі

Відомо, що за рахунок змінного магнітного поля в провіднику може бути наведений змінний електричний струм. Якщо до того ж це поле високочастотне, то струм наводиться тільки в тонкому поверхневому шарі провідника (скін-ефект). Це дозволяє нагріти поверхню провідника до високої температури, не змінюючи температуру його серцевини; тим самим виходить об'єкт із парною температурою.

Даний ефект широко використовується в тих випадках, коли потрібно загартувати тільки поверхню деталі, що пов'язане з усуненням наступного ФП: "Температура деталі повинна дорівнювати T_1 , що дозволить загартувати її поверхню; температура деталі повинна дорівнювати T_c , що дозволить запобігти загартуванню "серцевинної" частини деталі". Тут T_1 – температура деталі, необхідна для загартування; T_c – температура навколишнього середовища".

5.4.6 Прийом 6

Змінити умови, у яких знаходиться ВК, таким чином, щоб на різних стадіях (фазах) життєвого циклу вихідної системи він характеризувався різними значеннями параметра, зазначеного у формулі ФП.

Приклад 5.107 Охолодження космічної енергетичної установки

У деяких випадках для відведення теплоти від космічної енергетичної установки доцільно використовувати холодильник-випромінювач, що представляє собою набір рідинно-металевих теплових труб (ТТ), кожна з яких складається з корпусу 1, торцевих заглушок 2, гніту 3, "просоченого" легкоплавким металом, наприклад, натрієм. Для забезпечення працездатності ТТ із її внутрішньої порожнини відкачується повітря до високого ступеня вакууму (див. рис. 5.17).

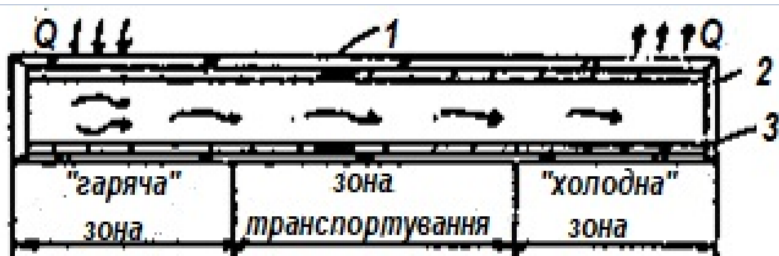


Рисунок 5.17 – Приклад до прийому 6

Позначення на рис. 5.17:

- $Q\downarrow\downarrow\downarrow$ – підведення тепла;
- $Q\uparrow\uparrow\uparrow$ – відведення тепла;
- "хвиляста стрілка" – потік пари натрію.

При виведення енергоустановки в космічний простір ТТ піддається вібраційним, інерційним і акустичним впливам. Це іноді приводить до втрати стійкості герметичного корпусу в частини теплових труб ("до схлопування"). Даний неприємний ефект можна усунути або за рахунок потовщення стінок корпусу ТТ, або за рахунок продуву всіх ТТ газом, наприклад гелієм, з тиском трохи більше атмосферного.

Якщо прийняти в якості ВК гелій, що знаходиться у внутрішній порожнині ТТ, а в якості ВП – його тиск, то для останнього способу захисту ТТ від "схлопування" можна сформулювати наступне ФП: "Тиск газу повинен бути близьким до нуля, що дозволить забезпечити працездатність ТТ; тиск газу повинен бути трохи більший за 1 атм., що дозволить запобігти її "схлопуванню".

Усунення ФП

Принципове рішення. Змінити умови функціонування гелію у внутрішній порожнині ТТ таким чином, щоб у період виведення енергоустановки в космічний простір його тиск був ледве більшим за 1 атм, а перед початком роботи – близьким до нуля.

Технічне рішення. На торці кожної ТТ встановлюється пристрій, що дозволяє "випускати" гелій із внутрішньої порожнини в космічний простір.

5.4.7 Прийом 7

Замінити ВК об'єктом, що на різних стадіях (фазах) життєвого циклу вихідної системи характеризується різними параметрами зазначеного у формулі фізичного протиріччя.

Приклад 5.108 Трансформована космічна антена

Відома трансформована космічна антена, що складається зі сферичної полімерної оболонки 1, у матеріал якої зарита металева сітка 2 (див. рис. 5.18).

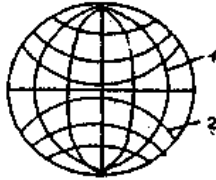


Рисунок 5.18 – Приклад до прийому 7

При виведенні даної антени в космічний простір вона згорнута в рулон невеликого розміру. На орбіті у внутрішню порожнину оболонки подається газ, в результаті чого вона розгортається і здобуває сферичну форму. Після газ із внутрішньої порожнини видаляється, і антена готова до роботи. Однак ця проста система має один важко переборний недолік – під дією "сонячного вітру" антена починає змінювати свою орбіту, що згодом із кругової стає сильно еліптичною.

Якщо прийняти в якості ВК оболонку, а в якості ВП – її наявність у системі; то можна сформулювати наступне ФП: "Оболонка повинна використовуватися в системі (повинна бути), що дозволить забезпечити її розгортання; оболонка не повинна використовуватися в системі (повинна бути відсутньою), що дозволить уникнути впливу на антену "сонячного вітру".

Усунення ФП

Принципове рішення. Замінити оболонку, стійку в умовах космічного простору, на оболонку, що руйнується в цих умовах протягом короткого часу.

Технічне рішення. Таку властивість має полімерна плівка, у якій під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця відбувається процес деполімерізації. Якщо оболонка трансформованої антени,

виготовлена з такої плівки, то вона в умовах навколосемного космічного простору випаровується протягом короткого часу.

5.4.8 Прийом 8

Замінити ВК об'єктом, що зазнає перетворення (наприклад, фазове) в інший об'єкт, при цьому кожен з них характеризується одним зі значень параметра, зазначеного у формулі фізичного протиріччя.

Приклад 5.109 Електричний запобіжник

У якості конкретного випадку застосування даного прийому можна розглядати провідник 1 електричного запобіжника 2 (див. рис. 5.19).

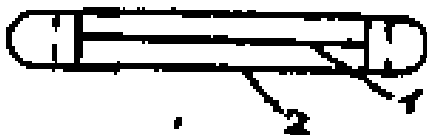


Рисунок 5.19 – Приклад до прийому 8

Поки величина струму, що протікає по ньому, у межах норми, він має форму стрижня. Коли ж ці межі перевищені, то провідник плавиться і перетворюється, найчастіше, у набір металевих кульок. Отже, провідник електричного запобіжника характеризується парною формулою. Ця його властивість в остаточному підсумку дозволяє усунути наступне ФП: "Споживач електричної енергії повинен бути з'єднаний з електромережею, що дозволить забезпечити його функціонування; споживач електричної енергії повинний бути від'єднаний від електромережі, що дозволить запобігти його поломку в тому випадку, якщо величина струму, що протікає в електромережі, перевищує норму".

5.4.9 Прийом 9

Включити ВК до складу системи, що характеризується одним значенням параметра, зазначеного у формулі ФП, а сам ВК – іншим значенням.

Приклад 5.110 Радіаційний захист ядерного реактора

Розглянемо збірку ядерного палива 1, у якій протікає ланцюгова реакція на теплових нейтронах (див. рис. 5.20).

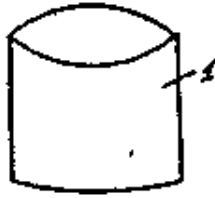


Рисунок 5.20 – Приклад до прийому 9

Вона характеризується такими показниками, як кількість тепла, що виділяється в результаті ядерної реакції, і ступенем впливу на навколишнє середовище.

Якщо прийняти в якості ВК зборку ядерного палива, а щільність потоку нейтронів у ній – за ВП, то можна сформулювати наступне ФП: "Щільність потоку нейтронів у збірці повинна бути якнайбільшою, що дозволить збільшити кількість виділюваного тепла; щільність потоку нейтронів у збірці повинна бути як можна найменшою, що дозволить зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище".

Усунення ФП

Принципове рішення. Включити зборку ядерного палива до складу системи, що у цілому характеризується низькою щільністю потоку нейтронів, а сама зборка ядерного палива – високою щільністю.

Технічне рішення наведено на рис. 5.21.



Рисунок 5.21 – Усунення ФП до прийому 9

5.4.10 Прийом 10

Замінити ВК об'єктом, що характеризується параметром, аналогічним ВП, з таким значенням, що його стосовно різних зовнішніх об'єктів можна було б вважати "різним".

Приклад 5.111 Теплова труба

Розглянемо більш докладно теплову трубу (ТТ), внутрішня порожнина якої заповнена гелієм (див. прийом б).

Як вже говорилося, для "підбурення" цього газу в космічному просторі необхідний деякий пристрій, наприклад клапан. Враховуючи, що гелій легко проходить через будь-які пори, мікротріщини, спробуємо використати у якості подібного "клапана" одну з торцевих заглушок ТТ. Однак у цьому випадку виникає наступне ФП: "Заглушка повинна бути пористою, що дозволить забезпечити вихід гелію з внутрішньої порожнини ТТ; заглушка повинна бути суцільною (непористою), що дозволить запобігти виходу пари натрію з внутрішньої порожнини ТТ".

Усунення ФП

Принципове рішення. Замінити заглушку, виготовлену з нержавіючої сталі, на заглушку, виготовлену з матеріалу, що стосовно гелію був би "пористим", а стосовно пар натрію – "суцільним".

Технічне рішення. Таку властивість має заглушка, виготовлена з паладію.

5.4.11 Прийом 11

Змінити умови, у яких знаходиться ВК, таким чином, щоб він перетворився (наприклад, за рахунок фазового переходу) в інший об'єкт, причому перед перетворенням він характеризувався б одним значенням параметра, зазначеного у формулі ФП, а після перетворення – іншим значенням.

Приклад 5.112 Ремонт трубопроводу

Відомо, що ряд рідин при охолодженні до визначеної температури замерзає і перетворюється у тверде тіло. Якщо рідина має плинність, то у твердого тіла подібна властивість відсутня (тобто, його плинність дорівнює нулю). Тим самим отримуємо об'єкт із парною плинністю: плинність більше нуля і нуль. Подібний ефект може бути використаний при заміні аварійної ділянки трубопроводу в тих випадках, коли злив теплоносія, що перекачується по ньому, небажаний. При цьому приходиться усувати наступне ФП: "Теплоносії повинний бути "рідким", що дозволить перекачувати його по трубопроводу; теплоносії повинний бути "твердим", що дозволить

запобігти його витік при ремонті трубопроводу".

5.4.12 Прийом 12

Змінити умови, у яких знаходиться ВК, таким чином, щоб одна з його частин зазнавала перетворення (наприклад, за рахунок фазового переходу) в інший об'єкт, що характеризується одним значенням параметра, зазначеного у формулі ФП, а частина ВК, що залишилася – іншим значенням.

Приклад 5.113 Підводне крило

Деякі річкові і морські судна оснащені підводним крилом. Воно складається з власне крила 1 і силових конструкцій 2, що з'єднують його з корпусом судна 3. При русі крила у воді 4 на нього діють підйомна сила F , що через силові конструкції передається судну (див. рис. 5.22).

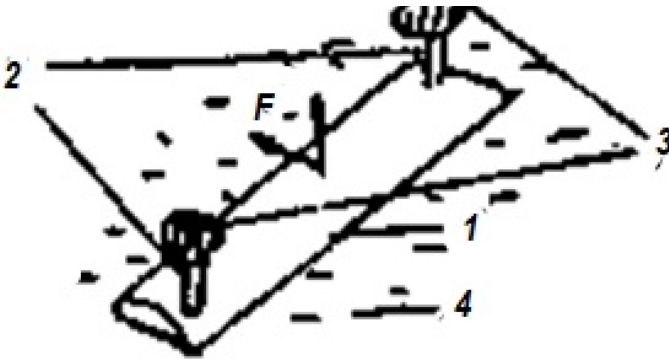


Рисунок 5.22 – Усунення ФП до прийому 12

Багато збільшувати швидкість руху крила щодо води. Однак це приведе до його руйнування під дією кавітаційних процесів, що у цьому випадку розвиваються на його поверхні.

Якщо прийняти в якості ВК воду, що обтікає крило, а в якості ВП – її швидкість відносно крила, то можна сформулювати наступне ФП: "Відносна швидкість води повинна бути якнайбільшою, що дозволить збільшити підйомну силу F ; відносна швидкість води повинна бути як можна найменшою, що дозволить зменшити ступінь руйнування крила".

Усунення ФП

Принципове рішення. Змінити умови бігу води відносно крила таким чином, щоб той її шар, що безпосередньо взаємодіє з крилом, мав би низьку швидкість, а інша її частина – високу.

Технічне рішення. Поверхня крила охолоджується до температури нижче 0°C . У результаті цього вода, що обтікає крило, замерзає й утворює на його поверхні тонку кірку льоду ("вода з нульовою швидкістю"), що захищає крило від руйнування.

5.4.13 Прийом 13

Змінити умови, у яких знаходиться ВК, таким чином, щоб він характеризувався двома різними параметрами, аналогічними ВП, кожний з яких мав би одне зі значень, зазначених у формулі ФП.

Приклад 5.114 Дихроїзм ізотропних оптичних тіл

Деякі ізотропні оптичні тіла (у тому числі полімери) при одноосьовому стиску чи розтягуванні здобувають властивості оптично одноосьових кристалів. В результаті цього при різних напрямках спостереження вони мають у минаючому світлі різне фарбування (явище дихроїзму). Отже, після зміни умов деформації подібні тверді тіла перетворюються в об'єкти з парним світлом.

5.4.14 Прийом 14

Розглянути ВК як систему, що характеризується одним значенням параметра, зазначеного у формулі ФП, а один з її елементів – іншим значенням.

Приклад 5.115 Плазма як об'єкт з парною температурою

Відомо, що плазма характеризується як загальною температурою, так і температурою складових її компонентів, наприклад, електронів ("електронного газу"). Температура останніх в деяких випадках може бути значно вище температури плазми в цілому. Отже, плазму можна розглядати як об'єкт із парною температурою.

5.5 Контрольні питання до теми 5

- 1 Основні поняття ТРВЗ.
- 2 Функції системи. Позитивний та небажаний ефекти.
- 3 Види протиріч.
- 4 Інформаційний фонд ТРВЗ.
- 5 Ефекти, що застосовуються при розв'язанні винахідницьких задач.

6 Прийоми усунення технічних протиріч: дроблення, винесення. Наведіть приклади.

7 Прийоми усунення технічних протиріч: місцевої якості, асиметрії. Наведіть приклади.

8 Прийоми усунення технічних протиріч: об'єднання, універсальності. Наведіть приклади.

9 Прийоми усунення технічних протиріч: "матрьошки", антиваги. Наведіть приклади.

10 Прийоми усунення технічних протиріч: попередньої дії та антидії. Наведіть приклади.

11 Прийоми усунення технічних протиріч: "заздалегідь підкладеної подушки", еквіпотенціальності. Наведіть приклади.

12 Прийоми усунення технічних протиріч: "зробити навпаки", сфероїдальності. Наведіть приклади.

13 Прийоми усунення технічних протиріч: динамічності, часткової або надмірної дії. Наведіть приклади.

14 Прийоми усунення технічних протиріч: перехід у інший вимір, використання механічних коливань. Наведіть приклади.

15 Прийоми усунення технічних протиріч: періодичної дії, безперервності корисної дії. Наведіть приклади.

16 Прийоми усунення технічних протиріч: проскочення, "звернути шкоду на користь". Наведіть приклади.

17 Прийоми усунення технічних протиріч: зворотного зв'язку, "посередника". Наведіть приклади.

18 Прийоми усунення технічних протиріч: самообслуговування, копіювання. Наведіть приклади.

19 Прийоми усунення технічних протиріч: дешевої недовговічності, заміни механічної системи. Наведіть приклади.

20 Прийоми усунення технічних протиріч: використання пневмо- та гідроконструкцій, гнучких оболонки та тонких плівок. Наведіть приклади.

21 Прийоми усунення технічних протиріч: застосування пористих матеріалів, зміни забарвлення. Наведіть приклади.

22 Прийоми усунення технічних протиріч: однорідності, відкидання і регенерації частин. Наведіть приклади.

23 Прийоми усунення технічних протиріч: зміни агрегатного стану, застосування фазових переходів. Наведіть приклади.

24 Прийоми усунення технічних протиріч: застосування теплового розширення, сильних окиснювачів. Наведіть приклади.

25 Прийоми усунення технічних протиріч: застосування інертного становища, композиційних матеріалів. Наведіть приклади.

26 Таблиця прийомів усунення технічних протиріч.

27 Алгоритм розв'язання задач, що містять ТП, за допомогою прийомів усунення ТП. Наведіть приклади.

28 Що таке вузловий компонент? Параметри ВК.

29 Логічна структура технічного протиріччя.

30 Послідовність виявлення протиріччя.

31 Умова усунення ТП. Оператор заперечення.

32 Логічна структура фізичного протиріччя.

33 Алгоритм розв'язання задач методом ВК.

34 Приклади розв'язання задач, що містять ТП, методом вузлового компонента.

35 Прийоми усунення фізичних протиріч: прийоми 1, 2. Наведіть приклади.

36 Прийоми усунення фізичних протиріч: прийоми 3, 4. Наведіть приклади.

37 Прийоми усунення фізичних протиріч: прийоми 5, 6. Наведіть приклади.

38 Прийоми усунення фізичних протиріч: прийоми 7, 8. Наведіть приклади.

39 Прийоми усунення фізичних протиріч: прийоми 9, 10, 11. Наведіть приклади.

40 Прийоми усунення фізичних протиріч: прийоми 12, 13, 14. Наведіть приклади.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перегрін Г.Р., Башмакова Л.І., Поспеева І.Є., Соріна О.О. Інженерні помилки : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2007. 312 с.
2. Хенлі Е. Дж., Кумамато Х. Надійнісне проектування технічних систем і оцінка ризику : монографія, пер. з англ. за ред. Ю.Г. Зареніна. К. : Вища школа, Гол. вид-во, 1987. 544 с.
3. Hubka, Vladimir. [Theorie technischer Systeme. English] Theory of technical systems : A total concept theory for engineering design / Vladimir Hubka, W. Ernst Eder. p. см. „Completely revised English edition of ‚Theoretischer Systeme‘, 2nd edition... 1984" - Т.р. verso. Bibliography : p. Includes index. ISBN 0-387-17451-6 (U.S.) 1. Engineering design. I. Eder, W. E. (Wolfgang Ernst) II. Title. TA174.H8513 1988.
4. Войцицький А.П. Техноекологія : підручник, К. : Аграрна освіта, 2009. 533 с.
5. Charles Goodyear. From Wikipedia, the free encyclopedia. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Goodyear (дата звернення : 13.08.24).
6. Brainstorming. From Wikipedia, the free encyclopedia. URL : <https://en.wikipedia.org/wiki/Brainstorming> (дата звернення : 13.08.24).
7. Оповідання з однієї кишені. Серія "Скарби" / Чапек К. – К., 2015. – 191 с.
8. Maxwell's demon. From Wikipedia, the free encyclopedia. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell%27s_demon (дата звернення : 13.08.24).
9. Friedrich August Kekulé von Stradonitz. URL : https://pl.wikipedia.org/wiki/Friedrich_August_Kekul%C3%A9_von_Stradonitz (дата звернення : 13.08.24).
10. Tom Ritchey General Morphological Analysis : A general method for non-quantified modelling. Swedish Morphological Society, 2002 (Revised 2013) URL : <https://www.swemorph.com/ma.html> (дата звернення : 13.08.24).