

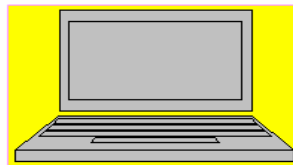
Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія



СТРОІТЕЛЄВ І.О.
ЛЕБЕДЄВ В.В., ЧЕРВОНІЙ І.Ф.

ОСНОВИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямом «Металургія»



Запоріжжя
2008

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

**СТРОІТЕЛЄВ І.О.
ЛЕБЕДЄВ В.В., ЧЕРВОНИЙ І.Ф.**

**ОСНОВИ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ТВОРЧОСТІ**

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямом «Металургія»

УДК 669.331

Строїтелєв І.О., Лебедєв В.В., Червоний І.Ф. Основи науково-технічної творчості. Навчальний посібник // Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2008. – 131 с.

ISBN ...

Рецензенти:

В.З. Куцова, доктор технічних наук, професор Національної металургійної академії України (м. Дніпропетровськ);

Д.В. Прутцьков, доктор хімічних наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного і проектного інституту Титану (м. Запоріжжя);

І.П. Волчок, доктор технічних наук, професор Запорізького Національного технічного університету (м. Запоріжжя).

Викладені основи науково-технічної творчості та методи для оволодіння творчими винахідницькими здібностями. Приведені прийоми для самостійного рішення питань по удосконаленню технологій, виробів, матеріалів і приладів. Достатньо уваги приділено розвитку інтересу у студентів до винахідницької діяльності та потреб розробки нових технічних рішень. Наведені приклади рішення декількох винахідницьких задач та багато іншого додаткового матеріалу.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом «Металургія». Гриф 1.4/18-Г-1079 від 14.05.2008 р.

Рис. – 5; табл. – 1; бібл. – 32.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1 ПРО НАУКОВУ І ТЕХНІЧНУ ТВОРЧІСТЬ	6
1.1 Творчість. Протиріччя адміністративні, технічні та фізичні	6
1.2 Рівні творчої діяльності	11
1.3 Психологічні особливості науково – технічної творчості	17
1.4 Психологічна інерція	25
1.5 Психологічні прийоми активізації творчості	27
1.5.1 Уява та фантазія	27
1.5.2 Інверсія	28
1.5.3 Аналогія	29
1.5.4 Емпатія	31
1.6 Оператор РЧВ (розміри, час, вартість)	32
2 МЕТОДИ ПОШУКУ НОВИХ ТВОРЧИХ РІШЕНЬ	37
2.1 Евристика та її сутність	37
2.2 Асоціативні методи пошуку технічних рішень	39
2.3 Метод контрольних запитань	44
2.4 Мозковий штурм	47
2.5 Синектіка	51
2.6 Морфологічний аналіз	55
3 АНАЛІЗ ЗАДАЧ ТА СІНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	60
3.1 Технічна система	60
3.3 Теоретична основа ТРВЗ	67
3.4 Інформаційний фонд ТРВЗ	69
3.5 Алгоритм рішення винахідницьких задач	71
4 ПРИЙОМИ УСУНЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СУПЕРЕЧНОСТЕЙ	74
4.1 Система прийомів	74
4.1.1 Перший поверх - елементарні прийоми	74
4.1.2 Другий поверх - парні прийоми	75
4.1.3 Третій поверх-комплексні прийоми	76
4.2 Таблиця використання прийомів	77
4.3 Ідеальний результат, протиріччя, ідея рішення	91
4.4 Принципи репольного аналізу	95
4.4.1 Реполь – мінімальна технічна система	95
4.4.2 Основні правила репольного аналізу	98

4.4.3 Добудова реполя.....	99
4.4.4 Розвиток або підвищення ефективності реполів.....	101
4.4.5 Руйнування реполів.....	103
4.4.6 Побудова „вимірювального" реполя.....	107
4.5 Типові моделі винахідницьких задач та їх реполі перетворення.....	109
5 ПРИНЦИПИ РІШЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПРОТИРІЧЧ.....	111
5.1 Фізичні ефекти і явища, їхнє застосування при рішенні технічних задач.....	111
Додаток А.....	120
Додаток Б.....	126
Додаток В.....	129
Додаток Д.....	130

ПЕРЕДМОВА

У наступний час науково-технічний прогрес безупинно підвищує вимоги до випускників вищої школи. Володіння творчими науково-технічними здібностями, здатність самостійно вирішувати питання удосконалення технологій для створення нової техніки і матеріалів це мабуть головні якості якими повинен володіти молодий фахівець. З метою формування у студента цих якостей необхідно в процесі навчання приділяти увагу вивченню спеціальних курсів з поняттями науково – технічної діяльності, що надає можливість оволодіти засадами наукової творчості. Зараз у вищих закладах країни створюють максимум умов для реалізації програм дій у цьому напрямку – вивчають необхідні дисципліни з елементами винахідництва та привертають студентів до участі у науково-дослідницьких роботах, щоб на практиці можливо було б перевірити отримані навички.

Серйозна увага приділяється технічній творчості студентів, особливо її вищій формі - винахідництву. Тому завдання вузу полягає в тім, щоб у процесі навчання у кожного молодого фахівця розвинути інтерес до винахідницької діяльності, викликати в нього потреби пошуку нових технічних рішень, навчити творчо застосовувати отримані знання. Аля для цього необхідно знати і уміти використовувати сучасні методи пошуку нових технічних ідей і рішень та шляхи активізації творчості.

Успішний розвиток теорії винахідництва, створення і використання нових методів активізації творчого мислення, накопичення позитивного досвіду у вивченні технічної творчості потребують спеціальної літератури та нових підходів до викладання дисциплін присвячених науково-технічній творчості у системі вищої школи. Уміння вирішувати складні винахідницькі задачі відноситься за сучасними поняттями до науково-технічної творчості, дисципліни, яка потребує вивчення у всіх технічних вузах.

З урахуванням цієї вимоги з 1985 р. на кафедрі «Металургії кольорових металів» та на всіх профілюючих кафедрах ЗДІА була введена в навчальні плани дисципліна "Основи технічної творчості". Потім дисципліна трансформувалась у більш широкий курс, який отримав назву «Основи науково – технічної творчості». Досвід підтвердив доцільність і ефективність навчання новому предмету.

Будемо сподіватися, що пропонована книга стане гарним помічником студентам у вивченні основ технічної творчості, у підвищенні загального рівня їхньої підготовки.

1 ПРО НАУКОВУ І ТЕХНІЧНУ ТВОРЧІСТЬ

1.1 Творчість. Протириччя адміністративні, технічні та фізичні

В енциклопедичному словнику Гранта сказано, що слово „інженер" походить від латинського слова *ingenium* (дотепний винахід), тобто людина, здатна винаходити. А термін „винахід" етимологічний словник української мови пояснює як похідне від слова „найти". І пояснює його як створення чогось нового, раніше невідомого, у будь-якій галузі людської діяльності: у техніці, науці, мистецтві, медицині, організації праці, суспільстві тощо. І з цього загальнолюдського поняття винаходу і слід виходити при вивченні методів та прийомів творчості, оскільки принципи пошуку нового у різних галузях дуже близькі.

Історія виникнення та розвитку людства - це перш за все історія винаходу, створення і удосконалення різних виробів і технологій. Систематичне використання і обробка нашими предками каменю і палиці, започатковані біля мільйону років тому; технологія добування та використання вогню, яка виникла 100 тисяч років тому; лук і стріли з кремнієвими наконечниками, які з'явилися біля 10 тисяч років тому; віз з колесами, виплавка бронзи, водяне колесо, токарний верстат, скрипка, парова машина, електрика, пластмаса, телевізор, обчислювальна машина, космічний апарат, штучне серце і ще надзвичайно багато іншого - все це результати дивного, важкого й величного процесу, який називається творчістю [1,4].

Що ж таке *творчість*? В найбільш загальній формі *це створення „якісно нових матеріальних та духовних цінностей"*, як сказано в останньому виданні „Філософського словника". *Новизна - ось що відрізняє творчість від ремесла*. Творець не може не володіти усіма секретами і навиками свого ремесла, а ремісник може і не бути творцем, може весь вік йти протоптаним шляхом.

Творчість - це найвищий вид людської діяльності. „Цель творчества - самоотдача, а не шумиха, не успех" - ці слова Пастернака надзвичайно точно виражають суть творчості. Шум, успіх є другорядними мотивами творчості. Не досягнувши успіху, творець

знаходить втіху в тому, що його зрозуміють нащадки. А метою творчості дійсно є самовіддача [4].

Патентний фонд людства характеризує рівень його цивілізації, тому що саме у винаходах сконцентровані найбільш прогресивні, передові, практично корисні знання. Вся історія людської цивілізації – це історія винаходів.

Творчість - це самодіяльність суб'єкта з постановкою чи вибором задачі, пошуком умов і способу її рішення та створення нового.

Розрізняють творчість технічну, науково-технічну і наукову. Наукова задовольняє потреби пізнання навколишнього світу. Це творчість у фундаментальних науках. Науково-технічна і технічна творчість мають чітку практичну мету і спрямована на задоволення утилітарних потреб суспільства.

До основних результатів наукової, науково-технічної і технічної творчості відносяться відкриття, винаходи, раціоналізаторські пропозиції і конструкторські розробки.

Технічна творчість, зокрема винахідництво, - це форма втілення наукових ідей у технічні рішення. Його плоди – винаходи - є проміжним результатом технічного освоєння наукових досягнень, що займає місце між науковою ідеєю і матеріальним об'єктом техніки. Винахід- це ще незакінчена машина, чи матеріал, чи технологічний процес. Але це вже ідея, втілена в конкретну фізичну форму (опис, креслення, модель і т.д.), що показує її здійсненість [3].

Сучасна науково-технічна революція створює умови для ефективної реалізації досягнень науки у практиці. Однією з таких умов є створення єдиного комплексу "наука-техніка-виробництво", у системі якого відбувається генерування наукових ідей, їхня матеріалізація в об'єктах нової техніки і впровадження у виробництво для одержання необхідних суспільству матеріальних благ. Становлення цього комплексу виявляється, зокрема, у тім, що цілеспрямоване і безупинне підвищення науково-технічного рівня виробництва перетворюється в один з найважливіших напрямків діяльності і організацій, підприємств і галузей промисловості. Винахідництво стає обов'язковою стадією в процес розробки нової техніки. У зв'язку з цим особливого значення набувають активізація і наукова організа-

ція творчої праці.

Треба відзначити, що в останні роки цей вид людської діяльності піднявся на дійсно науковий рівень. Успішно розвивається теорія і методика винахідництва, розробляються і використовуються методи пошуку нових технічних рішень і активізації творчого мислення. І це не випадкові знахідки, а закономірний етап розвитку, якому передувала переробка досвіду багатьох поколінь винахідників і вчених.

Для розвитку наукового пізнання характерно не тільки розширення кола розв'язуваних теоретичних і практичних задач, але і посилення уваги до способів і методів науково-практичної діяльності. Одержання значимого результату самим безпосереднім образом залежить від вихідної теоретичної позиції, від принципового підходу до постановки проблеми і визначення загальних шляхів руху дослідницької думки. Логіка і методологія науки усе більш перетворюються в самостійну наукову дисципліну[3,6].

Ускладнення методів пізнання і розвиток системного підходу обумовлено складністю самих матеріальних систем, відбиваних нашою свідомістю. В основі всіх ефективних підходів до пошуку нових технічних рішень, рішенню винахідницьких задач лежить діалектичний метод. У поняттях діалектичного матеріалізму світ являє собою сукупність систем, що рухаються та розвиваються.

Ядро матеріалістичної діалектики навчання про єдність і боротьбу протилежностей, що розкриває джерела і рухаючи сили всякого розвитку. При пошуку нових рішень завдання полягає не просто у виявленні протиріч, а виявлення особливостей їхнього прояву в технічному прогресі, з'ясуванні конкретного механізму дії протиріч як внутрішніх імпульсів розвитку техніки [7,8].

Протиріч у будь-якій технічній системі багато, усі вони надзвичайно різноманітні за формою і проявами, мають минуций, історичний характер, взаємозалежні і взаємообумовлені. Вони виникають між технічними потребами суспільства і можливостями даної технічної системи (зовнішні протиріччя), між параметрами й елементами технічної системи, частинами і властивостями елементів (внутрішні протиріччя).

Виникнення і усунення протиріч діалектично взаємообумов-

лено: усунення одного протиріччя пов'язано з зародженням іншого (у протилежному випадку технічний об'єкт припинив би свій розвиток). Протиріччя постійно виступають як імпульс до розвитку, як внутрішня сила руху у всіх стадіях процесу їхнього виникнення, розвитку і рішення.

В процесі рішення технічних задач виявлені протиріччя можна умовно розділити на три типи: адміністративні, технічні і фізичні [9].

Адміністративними називають такі протиріччя, що присутні спочатку в самому факті виникнення винахідницької задачі, коли потрібно щось зробити, але як це зробити - невідомо. Їх евристична сила дорівнює нулю, але саме вони спонукають до технічної творчості.

Технічні - це протиріччя, що виникають між частинами і параметрами системи при спробі їхньої зміни: якщо відомими способами поліпшувати одну частину (параметр), те неприпустимо погіршується інша частина (параметр).

Фізичними називають протиріччя, що полягають у пред'явленні до одній і тій же частині системи протилежних вимог. У такій ситуації виникає парадокс, що є присутнім завжди у винахідницькій задачі. Фізичні протиріччя є причиною технічних.

Технічне протиріччя можна трактувати і більш широко [8], як усілякі невідповідності і диспропорції між різними характеристиками взаємодіючих елементів у різнорідних системах зв'язків і відносин. Вони виникають в окремих об'єктах і у взаємодії між ними, між технічними засобами й оброблюваним предметом, між характеристиками об'єкта і працюючу з ним людиною, а також між технічними потребами, необхідністю і можливостями. Вивчення проблемної ситуації це, насамперед, виявлення технічних протиріч. Тільки після цього можливе формулювання визначеної задачі.

Розглянемо деякі поняття і терміни, використовувані в процесі аналізу проблемної ситуації і виявлення технічних протиріч.

Технічна потреба суспільства зв'язана з усвідомленням зростаючих протиріч між попитом суспільства на ті чи інші матеріали, джерела енергії, засоби комунікації, продукти харчування й інше неможливістю задовольнити його наявними засобами. У ній вира-

жається запит суспільства на технічні засоби, здатні усунути виниклі протиріччя.

Технічна необхідність виражає таку ступінь пізнання об'єкта, коли розкривається його сутність, закони дії й існування. Це те, що внутрішньо властиве самій природі технічних систем, визначається їхнім рівнем і характером розвитку на даному етапі.

Технічна можливість - комплекс матеріальних факторів, а також визначених знань працівників виробництва, що забезпечують реалізацію технічної необхідності і задоволення технічних потреб суспільства.

Технічна проблема - це відображення ситуації, що складається в процесі вивчення співвідношення між технічною необхідністю і наявними технічними можливостями. У її основі лежить протиріччя між метою пошуку, котра виражає усвідомлення технічної потреби і необхідності, і відсутністю або незнанням умов способів її досягнення при даних можливостях.

Технічна задача - це вираження визначеної мети одержати той чи інший ефект відшуканого технічного рішення (усунення протиріччя), що втілює ту чи іншу ідею (принцип, процес) . У структуру свідомо сформульованої технічної задачі входять: вказівки на шуканий результат, визначення умов функціонування майбутнього об'єкта, технічні умови реалізації і вказівки на передбачувані шляхи та способи рішення задачі.

Технічні протиріччя завжди виявляються своєрідно при рішенні різних винахідницьких задач. Це створює свою проблемну ситуацію, і ціль творчості складається в специфічному її усуненні. Необхідно мати у виді, що класифікація технічних протиріччя на обмежене число "типів"[7] чисто умовна. У середині кожного типу знаходиться багато надзвичайно різноманітних (але по визначених ознаках аналогічних) протиріччя.

Результатом усунення технічного протиріччя стає створення технічного об'єкта (системи), що представляє органічний синтез нового, технічного рішення й елементів колишніх рішень у новому цілому (це справедливо навіть стосовно радикальних технічних досягнень).

Деякі з рішень винахідницьких задач для усунення технічних

протиріч потребують більш зусиль, деякі менш, але усі дії у цьому напрямку потребують класифікації, яка б розмежувала рівень творчої діяльності за новизною, унікальністю та корисністю. Усе це ми розглянемо далі у іншому розділі.

1.2 Рівні творчої діяльності

Відмітними ознаками усіх предметів, процесів, рішень задач, ідей та творів мистецтва, які прийнято називати творчими, є, як правило, новизна, унікальність, корисність у технічних рішеннях, естетична цінність у творів мистецтва, добірність (тобто внесення простоти туди, де раніш була складність). Для творчих рішень характерно також створення нових співвідношень, тому що колись не зв'язані елементи при об'єднанні часто дають новий єдиний у своєму роді ефект [1].

По цих ознаках до творчих відносять величезну кількість рішень, які у середині цієї групи істотно відрізняються ступенем новизни й оригінальності, суспільній значимості і корисності, часткою творчого акта і його якісним рівнем у процесі роботи над задачею. При цьому припустимо говорити про нижчий і вищий рівні творчості, відносно цих рішень. Нижчий рівень складається у використанні вже існуючих знань - розширенні області їхнього застосування. Так було, приміром, з винаходом друкарства: уже відомий раніше спосіб розмноження малюнків був використаний для розмноження текстів.

Творчість вищого рівня зв'язана зі створенням якийсь зовсім нової, що не має аналога, концепції, ідеї, у більшому чи меншому ступені революціонізуючи науку і техніку (прикладом може служити створення А. Ейнштейном теорії відносності).

Рішення в області науково-технічної творчості в залежності від їхньої форми і рівня, відповідно визнаються як: відкриття, винахід та раціоналізаторська пропозиція.

Відкриття - це встановлення невідомих раніше об'єктивне існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу, що вносять корінні зміни в рівень пізнання.

Винахід - нове, що володіє істотними відмінностями рішення задачі в будь-якій області народного господарства, соціально-культурного чи будівництва оборони країни, що дає позитивний ефект.

Його вважають новим, якщо до дати пріоритету заявки сутність цього чи тотожного рішення не була розкрита в Україні чи за кордоном для невизначеного кола облич настільки, що стало можливим його використання. Істотними відмінностями винахід володіє, якщо в порівнянні з рішеннями, відомими в науці і техніці на дату пріоритету заявки, характеризується новою сукупністю ознак. Об'єктом винаходу можуть бути: новий пристрій, спосіб, речовина, а також застосування відомих раніше пристроїв, способів, речовин по новому призначенню.

Раціоналізаторська пропозиція - це технічне рішення, що є новим і корисним для підприємства, організації чи установи, якій вона подана, передбачаючи зміну технології, або конструкції виробів, які застосовувані в техніці та виробництві матеріалів.

З визначень ясно, що як основну ознаку відмінності одного рівня (форми) творчості від іншого можна використовувати ступінь новизни отриманого рішення. Форми творчості, тією чи іншою мірою властивим різним видам діяльності по створенню нової техніки, характеризуються своїм науково-технічним змістом і відповідають різним рівням новизни. Їх можна розділити на кілька груп рішень [8]:

- заснованих на розробці якісно інших принципів або процесів, що ведуть до корінного перетворення техніки і, як правило, до якісних зрушень у розвитку науки і техніки;
- зв'язаних з утіленням того й самого принципу, технологічного процесу або їхніх комбінацій у різних системах, що ведуть, насамперед, до глибоких перетворень техніки внутрішньогалузевого характеру;
- складених у якісних конструктивно-технологічних змінах усередині однієї і тієї ж системи, застосовуваної в різних умовах і з досягненням різних цілей;
- ведучих до конструктивно-технологічних змін, що забезпечують ту ж саму за своїм характером ціль, але з різним ефектом

(ці зміни виражають ступінь досконалості того самого технічного об'єкта в еволюційній формі його розвитку);

- заснованих на застосуванні в нових умовах вже відомого в одних зв'язках і відносинах об'єкта з одержанням іншого ефекту (розвиток за допомогою пристосування).

Першим трьом рівням новизни відповідають винахід, іншим - удосконалення і раціоналізаторська діяльність.

Розглянемо два кінцевих рішення творчих задач. Одне стосується у заміні металевого корпусу прилада пластмасовим без зміни конструкції самого прилада, друге – у розробці зовсім нової технології непереривної розливки сталі.

Наявно, що у першому випадку подання є несуттєвим, так як використання пластмас замість інших матеріалів вже давно відомо. У другому випадку у результаті розробки нової технології виникла революція у металургії, настільки суттєвою була різниця подання. Для того, щоб було можливо якимось чином відрізнити творчі задачі за ступенем труднощів їх розділяють на рівні.

Винахідницькі задачі розділяють умовно на 5 рівнів [18], а творчий процес їхнього рішення на кілька стадій (вибір задачі, вибір пошукової концепції, збір інформації, пошук ідеї рішення, розвиток ідеї в конструкцію, упровадження), кожна з яких може бути пройдена на одному з п'яти рівнів.

Рівні стадії творчого процесу:

п'ятий рівень: Знайдена нова проблема. Знайдений новий метод. Отримані нові дані, що відносяться до проблеми. Знайдений новий принцип. Створені нові конструктивні принципи. Змінена вся система в яку, увійшла нова конструкція;

четвертий рівень: Знайдена нова задача. Знайдена нова пошукова концепція. Отримані нові дані, що відносяться до задачі. Знайдене нове рішення. Створена нова конструкція. Конструкція застосована по-новому;

третій рівень: Змінена вихідна задача. Пошукова концепція змінена стосовно до умов задачі. Зібрана інформація змінена стосовно до умов задачі. Змінене відоме рішення. Змінена вихідна конструкція. Впроваджена нова конструкція;

другий рівень: Обрана одна з декількох задач. Обрана одна пошуко-

ва концепція з декількох. Зібрані зведення з декількох джерел. Обране одне рішення з декількох. Обрана одна з декількох конструкцій. Упроваджена модифікація готової конструкції;

перший рівень: Використана готова задача. Використана готова пошукова концепція. Використані готові рішення. Використана готова конструкція.

Для першого рівня можна вважати характерним використання готового об'єкта майже без вибору, другого - вибір одного об'єкта з декількох, третього - часткова зміна обраного об'єкта, четвертого - створення нового об'єкта чи повна зміна вихідного і для п'ятого - створення нового комплексу об'єктів.

Приведемо приклади рішення задач різного рівня [2, 16,32].

1-й рівень. Запропоновано модернізований захисний ковпак до балонів для стиснутих і зріджених газів, для цього з метою економії металу, пропонується виконувати ковпаки з пластмас, а на внутрішній поверхні розташовувати ребра жорсткості (авт. св. № 157356). У рішенні знайдена готова пошукова концепція.

2-й рівень. Для відділення феромагнітних часток з поверхні постійного магніту запропоновано як пристрій для очищення, використовувати матеріал з високою в'язкістю, наприклад пластилін (авт. св. № 273302). Напрямок пошуків у даній задачі - обраний один з декількох варіантів.

3-й рівень. З метою зменшення зносу поверхні гвинтової пари "гвинт-гайка" усунуто тертя. Гвинт і гайку розташували з постійним зазором, у їхньому різьбленні уклали обмотки, що створюють електромагнітне поле, що забезпечує поступальний рух гайки щодо гвинта (авт. св. № 154459). Об'єкт сильно змінений у порівнянні з прототипом.

4-й рівень. Для контролю зносу двигуна запропоновано додавати в олію люмінофори і по зміні світіння олії (дрібні частки металу гасять його) безупинно контролювати концентрацію часток металу (авт. св. № 260249). Раніше час від часу відбирали проби олії і визначали зміст у них металевих часток. Вихідний спосіб змінений цілком, використаний маловідомий фізичний ефект.

5-й рівень. Передача О.С.Поповим 7^{го} травня 1895 року першої у світі радіограми була першим кроком новонародженого ви-

находу п'ятого рівня. Цей день вважається днем народження радіо (Гуальєрмо Марконі запатентував своє відкриття у 1897 р.). До п'ятого рівня можна віднести винахід ЕОМ, лазера, транзистора та ін.

Необхідно відзначити, що протягом багатоміліардної історії технічної творчості винахідники йшли до мети старим, малопродуктивним методом проб і помилок. Перебираючи (часто безсистемно, випадково) велика кількість варіантів, вони знаходили потрібне рішення.

Винахідник думкою задавав собі питання: "А що, якщо зробити так? Чи так?" і т.д. Причому, чим складніше задача, тим більше можливих варіантів її рішення, тим більше проб потрібно робити. Вважають, що для рішення задачі першого рівня необхідно зробити кілька проб, а для кожного наступного рівня їхня кількість на порядок збільшується. Існує явна тенденція до зменшення кількості винаходів і збільшенню їхньої трудомісткості (оцінюваної умовно по числу проб і помилок) з ростом їхнього рівня. Тому представляє великий інтерес робота яку провів письменник та винахідник Г.С. Альтшуллер.

Аналіз винаходів, проведений Г.С. Альтшуллером [18], дав наступне співвідношення:

Рівень	Кількість винаходів, %	Кількість проб
1	32	$n < 10$
2	45	$n = 10$
3	19	$n = 10^2$
4	3,7	$n = 10^3$
5	0,3	$n = 10^4$

Звідси випливає, що близько 77 % зареєстрованих винаходів являють собою лише нові конструкції, удосконалення, для створення яких достатні знання і навички, якими зобов'язаний володіти кожен сучасний інженер. Разом з тим якісна зміна техніки забезпечує саме рішення 3...5^{-го} рівнів. А вони складають менше однієї чвертої від приведеної кількості.

В історії техніки не багато великих винаходів революційного

характеру: дослідники називають всього 150...200 таких рішень [7]. Це зв'язано з високою трудомісткістю задач вищих рівнів, "ціна" яких може складати десятки і сотні тисяч проб. Низька продуктивність творчої праці, а також істотна залежність процесу мислення від ряду негативних психологічних факторів (психологічної інерції й ін.) - основний недолік методу проб і помилок.

Придбавши репутацію нерозв'язної, задача часто розв'язується завдяки дії "естафетного" механізму [18]. Зусиллями багатьох невдах вона перетворюється в порівняно просту на той час, коли на фініші естафети хтось робить останній ривок тим же методом проб і помилок.

Задачі різних рівнів мають і якісні розходження. Якщо на першому рівні рішення задач шукають у межах однієї вузької спеціальності, то на другому - в одній галузі техніки, на третьому - в інших галузях, на четвертому - не в техніці, а в науці з використанням фізичних і хімічних ефектів і явищ. Найбільш складні задачі п'ятого рівня можуть бути вирішені лише на основі нових знань, тобто після того як зроблене відкриття.

Науково-технічна революція вимагає рішення задач вищих рівнів у короткий термін. Саме цієї мети служить методика технічної творчості, що дозволяє звужувати пошукове поле і перетворювати за допомогою евристичних прийомів і методів складну задачу в просту. При цьому кінцевий результат - винахід - оцінюється суспільством як творче рішення високого рівня, а сам процес фактично проходить на більш низькому рівні (як по стандартній формулі).

Наприклад, у середні століття рішення алгебраїчних рівнянь 3-го ступеня було дійсною творчістю, але з'явилася формула Кардано, і воно стало доступно усім. Сучасна методика науково-технічної творчості озброює винахідника як би аналогічною формулою, за допомогою якої можна одержувати нові, оригінальні технічні рішення. Поняття «творчість» не є щось незмінне: зміст, вкладений у нього, постійно міняється - творча діяльність піднімається на усе більш і більш високий рівень, одночасно росте кількість і складність задач, що вимагають рішення.

Теорія винахідництва засновується на діалектичній логіці до творчого рішення технічних задач. Але для розробки діючої мето-

дики однієї логіки недостатньо. Необхідно рахувати особливості «інструмента», за допомогою якого працює винахідник, а це «інструмент» досить своєрідний – мозок людини. При правильній організації творчої роботі максимально використовуються сильні сторони людського мислення. Тому вивчення процесів особливостей психологічного мислення є ключовим питанням у науково-технічній творчості.

1.3 Психологічні особливості науково–технічної творчості

Творчість являє собою явище, що відноситься, насамперед, до конкретних особистостей. Тому в даній області становлять великий інтерес роботи психологів.

Історія науки знає чимало спроб створення філософських і психологічних теорій творчості. Однак ні одну з них не можна розглядати як загальну.

Вважається, що мислення починається там, де створилася проблемна ситуація, то б то ситуація, у якій є вибір із двох чи більш можливостей (у складних випадках приходиться шукати інші можливості, тому що вони не завжди очевидні) [15].

Для процесу науково-технічної творчості характерний пошук рішення в умовах невизначеності, дефіциту інформації, вихід з яких полягає в ухваленні рішення. Причому невизначеність невідповідність між змістом поточних сприйнять і змістом пам'яті, утому числі між поточним досвідом і сформульованими моделями майбутнього – складає сутність проблемної ситуації, що включає емоції і служить спонукальним поштовхом до начала мислення.

Тривалий час ідеалістичні і метафізичні тлумачення природи творчості і наївні представлення проте, що адекватно відбитися воно може лише у випробуваного його, перешкоджали науковому розумінню творчого процесу.

Багато дослідників минулого, та й деякі наші сучасники вважають, що визначальним механізмом творчого процесу є не логіка, а інтуїція. Так, видатні закордонні математики В.Освальд, Г.Гельмгольц, Ж.Адамар підкреслювали, що творчий процес не є

безупинний ланцюг чисто логічних операцій, він містить відступи, зигзаги, повернення, повторення, і лише після багатьох зусиль може наступити раптове осяяння. За допомогою логіки доводять, за допомогою інтуїції винаходять, говорить А. Пуанкаре.

Поняття інтуїції довгий час тлумачилось як щось містичне, надприродне. Її природа ще не достатньо вивчена. Однак роботи вчених Б.М. Кедрова, В.Ф. Асмуса, Я.А. Пономарева й ін. дають підставу до матеріалістичного розуміння цього явища. Інтуїцією називають швидке рішення, що вимагає тривалої підготовки [14]. Це скоріше підсумок, чим початок, відзначає французький психолог А. Спайер.

Справедливо і те, що без попередньої, іноді дуже тривалої роботи вченого чи винахідника, ніяка інтуїція не могла б дати плідного результату [14]. Таким чином, інтуїція винахідника приходить як винагорода за працю, пошук, і, отже, складному механізму творчого процесу властиві і логіка й інтуїція. Це підтверджує висловлення відомого винахідника Б.Блінова проте, що інтуїція досвідченого конструктора, інженера чи кваліфікованого робітника не диво, а результат накопиченого досвіду, різноманітної і багатой практики, а рішення, пропоновані нею, лише здаються несподіваними, по суті справи, будучи плодом і складним наслідком нашої давньої розумової роботи, глибоких роздумів, що ніколи не проходять безвісти. Специфічний акт творчості (осіяння) полягає в усвідомленні деякого продукту, що спливає із глибини підсвідомості. Інсайт-раптове осяяння-схоплювання елементів ситуації в тих зв'язках і відносинах, що гарантують рішення задачі.

У підсвідомості можуть бути вирішені складні задачі. Сам процес обробки інформації не усвідомлюється, а виходить лише результат, якщо він отриманий, і досліднику іноді здається, що на нього послано осяяння, що вдала думка прийшла невідомо відкіля. Людина давно навчилася використовувати це явище. Коли вона відкладає яку-небудь справу, щоб дати думкам дозріти, то прямо розраховує на роботу своєї підсвідомості. Становить практичний інтерес виділення етапів у творчому процесі винахідника. Психологи нараховують їх від двох до семи [7,15]. Можна назвати найбільш загальні: занепокоєння й усвідомлення задачі, підготовка, виношу-

вання ідеї, осяяння, перевірка і підтвердження ідеї.

Справедливо і те, що якщо аналіз стадій процесу і розкриє нам дуже істотні моменти діяльності винахідника, те усе-таки він не виявить усі якості і властивості того складного цілого, що іменується творчістю, тому що ряд моментів при подібному дослідженні виявляється поза полю зору і вимагає окремого розгляду.

У проблемі творчості виділяють крім самого процесу ще кілька граней: творчу особистість, творчі здібності, творчий клімат. Розглянемо окремі аспекти цієї проблеми.

Задатки творчих здібностей властиві будь-якій людині, потрібно лише зуміти їх розкрити і розвинути. Сутність творчого процесу, загалом, однакова для усіх. Відмінність лише в конкретному матеріалі дослідження, масштабах досягнень і їхньої суспільної значимості. Для вивчення процесу зовсім не обов'язково спиратися лише на діяльність геніальних людей. Елементи творчості виявляються й у рішенні життєвих повсякденних задач.

Творчі здібності розділяють на три групи. Перша зв'язана з мотивацією (інтереси і схильності), друга з темпераментом (емоційність), третя з розумовими здібностями. Ось деякі з творчих здібностей [11].

Пильність у пошуках проблем. Здатність побачити те, що не укладається в рамки раніше засвоєного, це щось більше, ніж просто спостережливість. Дивитися і бачити-не те саме. І така свіжість погляду, пильність зв'язані не з гостротою зору, а з якістю мислення.

Спосіб кодування інформації нервовою системою. Мозок різних людей має не однакову здатність освоювати і користатися різними типами кодів: зорово-просторовий, словесний, акустично-образним, цифровим і т.д. Уроджені особливості мозку й умови розвитку в перші роки життя визначають переважну схильність користатися тими чи іншими кодами інформації. Задача розвитку творчих здібностей полягає в тому, щоб допомогти людині "знайти себе", тобто зрозуміти, які символи, який код інформації для нього доступний і прийнятний. Тоді мислення його буде максимально продуктивним і доставить вище задоволення.

Здатність до згортання розумових операцій. Люди має здатність до згортання довгого ланцюга міркувань і замін його однією уза-

гальную операцією. Колосальна інформація сконцентрована, наприклад, у чотирьох символах формули $U=I \cdot R$. Процес згортання розумових операцій це лише окремий випадок прояву здібності до заміни декількох понять одним, до використання більш ємних в інформаційному відношенні символів.

Здатність до переносу досвіду. Уміння застосувати прийоми, придбані при рішенні однієї задачі, до рішення іншої, а також здатність до вироблення узагальнюючих стратегій і уміння бачити аналогії. Польський вчений С.Банах говорив, що математик це той, хто вміє знаходити аналогії між твердженнями; кращий математик той, хто встановлює аналогії доказів; більш сильний математик той, хто бачить аналогії теорій; але можна уявити собі і такого, хто між аналогіями бачить аналогії.

"Бокове мислення". Широкий розподіл уваги підвищує шанси на рішення проблеми. Щоб діяти треба думати більш, писав французький психолог Сурьє. "Бокове мислення" виявляється діючим і допомагає знайти рішення проблеми при одній неодмінній умові: вона повинна стати стійкою метою діяльності, домінантою. Властивість мозку формувати і довгостроково утримувати в стані порушення нейрону модель мети, напрям не рух думки, є, очевидно, одна зі складових частин таланта.

Цілісність сприйняття. Це здатність сприймати дійсність цілком, не дроблячи її (на відміну від сприйняття дрібними не залежними порціями). Уміння пізнавати образи, реагувати на подібні об'єкти незалежно від індивідуальних розходжень, одна з фундаментальних властивостей мозку, з його починається мислення. Фізіологічною основою образу служить нейронна модель або сукупність нервових клітин і їхніх зв'язків, що утворюють порівняно стійку в часі групу. Нейронна модель - кодове позначення об'єкта чи події. Структура моделі має подібність зі структурою віддзеркаленого об'єкта.

Зближення понять. Легкість асоціювання понять і їх не віддаленість, "значена відстань" між ними. Така здатність яскраво виявляється, наприклад, у синтезі гострот. Розумовий процес відрізняється від вільного асоціювання тим, що мислення - це спрямоване асоціювання. Фактором, що направляє його і перетворює в мислен-

ня, є мета.

Готовність пам'яті. Коли людина вирішує задачу, проблему, вона може розраховувати лише на ту інформацію, яку у даний момент сприймає, або яку зуміла витягти зі своєї пам'яті. Остання містить у собі здатність запам'ятати, пізнати, відтворити які-небудь зведення негайно чи з відстрочкою. Готовність пам'яті "видати" потрібну інформацію у потрібну хвилину один з компонентів кмітливості.

Гнучкість мислення. Це здатність швидко і легко переходити від одного класу явищ до іншого, далекому по змісту. Відсутність її називають інертністю, ригідністю, окостенілістю і навіть застійністю мислення. Сюди входить уміння вчасно відмовитися від скомпрометованої гіпотези. Один із проявів гнучкості мислення здатність до подолання функціональної фіксованості.

Здатність до оцінки. Уміння вибрати одну з багатьох альтернатив до її перевірки. Оцінні дії виробляються не тільки по завершенні роботи, але і багаторазово по ходу її і служать віхами на шляху творчості.

Здатність до "зчеплення". Властивість поєднувати сприймані подразники, а також швидко погоджувати нові свідчення з колишнім багажем, без чого сприймана інформація не перетворюється в знання, не стає частиною інтелекту. Людям у різному ступені притаманна здатність рятуватися від тиску "попереднього знання", "упередження" і виділяти спостереження з того, що привноситься інтерпретацією. Таку якість називають здатністю до "анти зчеплення".

Легкість генерування ідей. Чим більше ідей висуває людина, тим більше імовірність, що серед них будуть коштовні. Думка, або ідея, це не просто асоціативне з'єднання двох чи декількох понять. Воно повинне бути змістовно виправданим і відбивати об'єктивні відносини явищ, що коштують за цими поняттями. Для того щоб виникла думка, необхідне порушення, принаймні, двох моделей, що зберігаються в мозку. Думка, ідея, це не нейронна модель, а рух, послідовна активація і зіставлення моделей.

Здатність передбачення. Генерування ідей невіддільно від фантазії уяви людини. Прийнято розрізняти три типи уяви.

Логічна виводить майбутнє із сьогодення шляхом логічних перетворень.

Критична шукає, що саме в сучасній техніці, системі утворення, громадського життя і т. д. не зовсім і має потребу в зміні.

Творча народжує принципово нові ідеї, а також представлення, що не мають поки прообразів у реальному світі, хоч вони і спираються на елементи дійсності. Останньому належить вирішальна роль у розвитку суспільства.

Швидкість мови і (формулювання). Така здатність необхідна, щоб наділити думку у слова та виразити її за допомогою іншого коду, формул, графіків і т. д.

Здатність до доробки. Це не просто наполегливість, зібраність і вольовий настрой на завершення початого, а саме здатність до доробки деталей, до болісного і кропіткого доведення первісного задуму. «Дріб'язки створюють досконалість, а досконалість не дріб'язок», - писав Мікеланджело.

Пильність у пошуках проблем, швидкість мови, легкість генерування ідей, гнучкість, віддаленість і оригінальність асоціацій дають дивергентне мислення, що іде від відомого, звичного, очікуваного. Воно зв'язано з генеруванням великого числа несподіваних альтернатив, на відміну від конвергентного типу мислення, спрямованого на одержання результатів, що однозначно визначаються тим, чи відтворить пам'ять раніше заучені зведення.

Для того щоб творчі здібності дозволили домогтися успіху, необхідні бажання, воля і, саме головне, праця.

Активізація творчого мислення припускає знання факторів, що негативно впливають на нього. Творчості перешкоджають: відсутність гнучкості мислення, сила звички, вузько практичний підхід, надмірна спеціалізація, вплив авторитетів, страх критики, страх перед невдачею, надто висока самокритичність, лінь [10].

Негативну роль у творчості грає психологічна інерція мислення, прагнення діяти відповідно до минулого досвіду і знань, йти традиційними шляхами. Психологічна інерція зв'язана часто з просторово-тимчасовими представленнями об'єкта і вузькоспеціальною термінологією (говорять також про психологічні, термінологічні й інші бар'єри).

Протилежністю інерції мислення є творча уява, фантазія. Це породжує постійне протиріччя між ними. Уява у творчості грає особливо важливу роль, і, як показує практика, її можна і потрібно розвивати. Для цього вже зараз розроблений ряд прийомів і методів, що складають самостійний курс розвитку творчої уяви [16]. Розроблені способи тренування уяви (наприклад, уявна зміна в широких межах параметрів об'єкта, виклад умов задачі в самих загальних поняттях і т.д.) є одночасно способами подолання психологічної інерції.

Творча особистість має декілька особливостей. Обдаровані люди мають звичайно високий інтелект (але прямої залежності між інтелектом і талантом немає).

Коефіцієнт інтелектуальності - показник розумового розвитку, рівня наявних знань і поінформованості, який одержують на основі різних тестів. Прийнято, що середній КІ (IQ) для загальної маси населення дорівнює 100.

Існує "граничний рівень інтелекту" при коефіцієнті інтелектуальності, рівному 120. Нижче цього порога творчі здібності не можуть бути реалізовані. А при більш високому коефіцієнті інтелектуальності нічого не додає до творчих можливостей [12, 14].

Готовність до ризику - ще одна особливість: людина, що має багато ідей, повинна уміти сміло висловлювати і відстоювати їх. Імпульсивність, поривчастість, незалежність думок і оцінок також вважаються ознаками творчої особистості.

Обдарована людина цінує гумор і сприйнятлива до смішного, має схильність до "гри". Почуття гумору сполучається в ньому з розкутістю мислення, внутрішньою розкутістю, легкістю асоціювання, небоязкою "грою ідеями". Відмітною якістю творчої особистості є оригінальність, але без примх, без прагнення підкреслити свою незвичайність. Такі люди добре почувають себе в складних, невизначених ситуаціях, не поспішають виносити закінчену думку і "приклеювати ярлики". Вони відрізняються життєлюбством, широтою інтересів, вразливістю і допитливістю.

Уміння зосередити увагу і довго утримувати її на якомусь питанні, тематиці чи проблемі - одне з найважливіших умов успіху в будь-якому виді діяльності. Без завзятості, наполегливості,

цілеспрямованості немислимі творчі досягнення. Творча людина відрізняється вимогливістю, не задовольняється приблизними зведеннями і поверхневими формулюваннями, прагне в усьому дійти до самої суті. Але в той же час здатний оперувати з нечітко визначеними поняттями.

Перелік особливостей творчої особистості включає і деякі риси, що створюють труднощі в спілкуванні, викликають невдоволення навколишніх. Сюди відносяться такі якості, як сумнів у загальноприйнятих істинах, бунтарство, неприйняття традицій. Захопленість роботою і відчуженість приводять до того, що взаємини між людьми здаються чимось другорядним. Творчої особистості властиве підвищене прагнення до самоствердження яке інколи може приймати неприємні форми.

Але все-таки головна, визначальна риса творчої особистості - сміливість розуму і духу. Сміливість необхідна, щоб засумніватися в загальновизнаному, щоб руйнувати його заради творення кращого, думати так, як не думав ніхто, довіряти своїй інтуїції, коли немає ще точних логічних доказів. Потрібна сміливість уяви, щоб представити недосяжне, а потім спробувати досягти його, протиставити свою ідею думці більшості і, якщо це необхідно, вступити в конфлікт із ним [12].

Нерідко буває так, що вчений чи винахідник, ледве розпочавши розповідати колезі про свою ідею, не почувши думку співрозмовника про цю проблему, вже знає, чи правий він сам, чи помилився: подана в словах невиразна ідея приймає яскравий обрис. У такій ситуації завжди необхідно скористатися приведеними нижче правилами.

Правило перше: *Немає кращого засобу знайти оцінку думки, ніж вислухати самого себе, свою мову, звернену до співрозмовника .*

Правило друге: *Щоб полегшити роботу підсвідомості у правій півкулі мозку, необхідно здійснювану роботу виконувати у вигляді схем, малюнків, образів.*

Так говорить сучасна наука [12]. Коли ви думаєте про ту чи іншу конструкцію, про зміну технологічного процесу, намагайтесь уявити їх собі просторово або у відповідних графічних формах.

Невміння просторово чи графічно уявляти собі задуманий винахід звичайно приводить до невдачі. Уява про конструкцію чи механізм, які ви робите, у багатьох випадках є недопрацьованою, не до кінця зрозумілою. Зафіксувавши їх на папері, ви зможете побачити свої помилки, слабкі місця. Конструктор думає олівцем; а працює гумкою.

Графічне зображення предмета вимагає побачити його таким, яким він є в дійсності. А це сильно розвиває сприйняття. Багато людей, дуже далеких від мистецтва, розповідають, що уроки малювання допомогли їм розширити свої знання про навколишній світ.

Але крім перерахованих здібностей якими може володіти людина, є внутрішні бар'єри, які інколи заважають творчому процесу, і це те, що називають психологічною інерцією.

1.4 Психологічна інерція

У кожного творця є багато ворогів. Один з найгрізніших - психологічна інерція. **Психологічна інерція** - це схильність до якогось конкретного методу і образу мислення при вирішенні задачі, ігнорування усіх можливостей, окрім єдиної, яка зустрілась на самому початку.

Психологічна інерція гальмує творчий процес, є протилежністю творчого уявлення, фантазії, і включає в себе відсутність гнучкості, силу звички, вузькопрактичний підхід, боязнь критики, вплив авторитетів та інших факторів, які заважають творчому мисленню.

Психологічна інерція наносить великої шкоди розвитку техніки. Тому розглянемо деякі її види і форми, з якими необхідно активно боротися.

Повне неприйняття нової ідеї - перший і найбільш шкідливий прояв психологічної інерції.

Прийняття на віру положень, запропонованих авторитетними людьми, - друга форма прояву психологічної інерції.

Є такий історичний приклад. Великий природознавець стародавності Арістотель написав в одному з своїх творів, що в мухи

вісім ніг. Цьому свято вірили майже дві тисячі років, поки хтось не вирішив перерахувати ноги в мухи, і їх виявилось шість! Авторитет вченого не викликав сумнівів на протязі такого великого строку [4].

Назвемо ще кілька форм психологічної інерції:

- уперте відстоювання загальноприйнятої, хоча і невірної, точки зору;

- використання старого принципу при переході на нове устаткування;

- збереження старої форми при переході на новий рівень;

- невміння побачити можливість використання рішень, одержаних в інших галузях;

- розв'язування задачі відомими трафаретними способами;

- розв'язування задачі тільки в рамках однієї спеціальності;

- розв'язування задачі тільки за прямим призначенням.[16].

Отже, психологічна інерція багатоліка і існує скрізь. Як же боротися з нею?

Бажаючи перебороти психологічну інерцію, не запевняйте себе: „забудь, що знаєш", чи „ніколи не вживайте старих методів, а кажіть собі: „Пам'ятай, що методів багато, а не один".

Тенденція до використання певного методу (чи розв'язку) виробляється звичкою або визначається характером. Кожний з нас випробовує небажання відмовитися від улюбленої ідеї. І якщо хтось ставить за мету, не дивлячись ні на що, реалізувати якийсь конкретний метод, замість того, щоб знайти найкращий, то в цьому випадку в наявності психологічна інерція.

Конкретні обставини посилюють психологічну інерцію, або сприяють її появі. Так, при нетерпінні, в стані напруги, або при хвилюванні люди набагато упертіше тримаються своїх попередніх рішень, методів чи звичок. Тому в армії виховують автоматизм володіння зброєю. Обізнаність з питанням також посилює психологічну інерцію. Знайомі нам об'єкти, процеси чи ідеї рідко використовуються у новій якості. Наприклад, шматок мотузки, який лежить на столі, можна використати для розв'язання багатьох конкретних задач. А шматок мотузки, що утримує висячу на стіні

картину, використовується для цих цілей дуже рідко і т.д.

Але психологічну інерцію все ж можна перебороти. З нею відносно легко справитися, якщо просто не забувати про неї і постійно пам'ятати. Але це не легко! І взагалі, потрібні тренування для переборення психологічної інерції. Це й різноманітні методи розвитку уявлення, і виклад умов задачі в найширших поняттях, і робота над складним проектом в складі групи та інші методи. Але головне - *пам'ятати постійно про існування психологічної інерції, й тоді легше її перебороти* [2].

Розглянемо декілька прийомів подолання психологічної інерції і підвищення творчої активності.

1.5 Психологічні прийоми активізації творчості

Для активізації процесу творчості рекомендується використовувати деякі прийоми, що здавна застосовувалися різними винахідниками. Такими прийомами є, наприклад, "інверсія" (зроби навпаки), "аналогія" (зроби так, як це зроблено в іншому рішенні), "емпатія" (вважай себе частиною об'єкта і з'ясуй при цьому свої почуття, відчуття) і "фантазія" (зроби щось фантастичне).

1.5.1 Уява та фантазія

Уява у творчості грає особливо важливу роль. А.Ейнштейн писав з цього приводу: „Уява часто важливіша, ніж знання. Знання обмежені, у той час, як уява охоплює весь світ, стимулюючи прогрес, даючи початок еволюції. Точно кажучи, уява - вирішальний фактор в наукових дослідженнях". Як показує практика, цю важливу властивість людської психіки можна й треба розвивати, для цього вже зараз розроблено ряд прийомів і методів, які складають окремий самостійний курс розвитку творчої уяви [3,14,18,25].

Розвинута уява - один з найважливіших елементів інженерного мислення. Уява часто приводить до фантазії, яка зв'язана з бажанням, щоб сталось те, чого хочеться. Використання фантазії для стимулювання нових ідей полягає в роздумах над деякими фантастичними рішеннями, в яких використовуються надприродні речі

і процеси. Часто буває корисно розглянути ідеальні рішення, навіть з деякою долею фантазії, щоб спробувати знайти потрібний розв'язок. Наприклад, часто при розв'язуванні задач приймають коефіцієнт корисної дії, який дорівнює одиниці, нехтують тертям, інерцією, іншою опірністю, приймають різні наближення і т.д.

Прекрасним джерелом розвитку уявлення є науково-фантастична література. Зрозуміло, наукова фантастика - перш за все художня література. Вступаючи в блискучий світ науково-фантастичної літератури, читач відкриває для себе тонку лірику Рея Бредбері, насмішкувату мудрість Кліфорда Саймака, пристрасний гуманізм Івана Єфремова, парадоксальну логіку Станіслава Лема і Роберта Шеклі, соціальний сарказм Курта Воннегута, П'єра Вальо, Лао Ше, Роберта Мерля і, звичайно ж, золото фантастичних ідей Жюль Верна [2].

Але, крім цього, є в науково-фантастичній літературі й здатність одночасно розвивати уяву, приглушувати психологічну інерцію, робити мислення гнучким, готувати розум людини до сприйняття „диких" ідей, без яких неможлива сучасна науково-технічна революція. Тому необхідно завжди читати науково-фантастичну літературу, хоча б одну книгу в один-два місяці.

1.5.2 Інверсія

Інверсія є одним із засобів отримання нової точки зору. Цей метод вимагає свідомого переборення психологічної інерції, відмову від колишніх поглядів на задачу, з тим, щоб подивитись на неї з іншого боку чи позиції. Інверсія в перекладі з латинської - перевертання, переставлення. Тому, *об'єкт перевернути уверх дном, вивернути навиворіт, поміняти місцями, з горизонтального зробити вертикальним, з вертикального зробити горизонтальним чи поставити під деяким кутом, зупинити рухомі частини й рухати нерухомі – ось суть інверсії*, яку використовують для отримання нових ідей [10].

Приклад рішення задачі з використанням інверсії: *Нехай на конвейєрі треба витягувати ядро з грецького горіха. Усі зусилля*

щодо розколювання, розпилювання, розрізування та інших подібних операцій за тих чи інших причин не увінчались успіхом. Як бути?

Прийнято обдумувати цю задачу, знаходячись ззовні горіха. Застосуємо метод інверсії, і будемо розглядати задачу, знаходячись, наче всередині горіха. Чи не можна продавити шкаралупу зсередини, із боку ядра?

Відповідь: потрібно потримати деякий час горіхи під підвищеним тиском повітря, а потім раптово скинути тиск до атмосферного і шкаралупа розколюється (а.с. 340400). В США також прийшли до цього методу, але із просвердлюванням отворів у шкаралупі.

Інверсія - дуже легкий і дуже потужний метод для отримання нових поглядів. Але існують і інші методи активації творчості, які також допомагають позбавитись впливу інерції мислення та отримати нові погляди на систему винахідництва.

1.5.3 Аналогія

Велика кількість оригінальних думок народжується за аналогією, і цей процес можна з успіхом застосовувати для стимулювання нових ідей. Часто розв'язок підказується аналогічними ситуаціями, які зустрічаються в інших задачах, у природі чи в художній літературі.

До речі, таким чином вирішили проблему очистки дрібних рачків (креветок) від панцира, використавши спосіб аеролуцення зерна. Повітряний струмінь захоплює варений кріль в інжектор, тиск під панциром рачка виявляється більшим, ніж ззовні, і кріль „вибухає”. Далі все падає у воду, де панцир і все інше спливає, а «ядерце» м'ясо – тоне.

Одержання ідей за аналогією із механізмами живої природи вимагає від спеціаліста знання біології, фізіології та анатомії. На жаль, інженери мало знайомі з цими науками, адже природа створила дуже багато механізмів і речей, які можна використати для розробки нових ідей при розв'язуванні інженерних задач. Наприклад, в природі існують буквально сотні різних „насосів”, якими є

серця різних тварин [4].

Аналогією із очисткою горіхів і рачків була розв'язана задача розділу головки часнику на частинки та очищення їх від шкірки (рисунок 1.1), на яке видано а. с. 1126398.

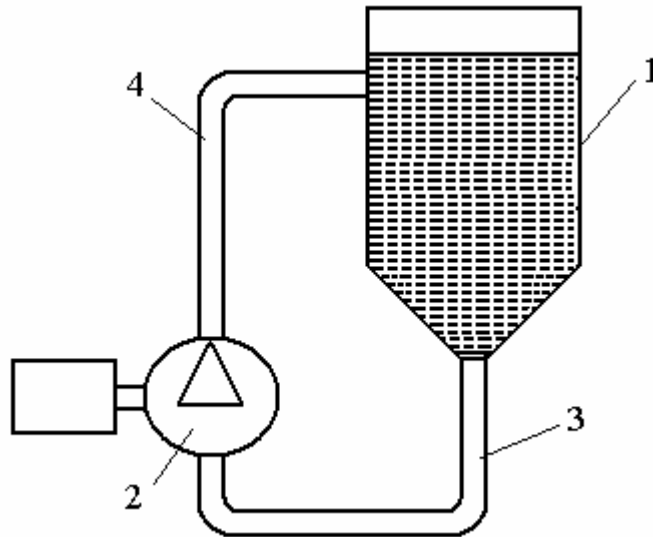


Рисунок 1.1 – Схема очистки часнику

У герметичну посудину 1, заповнену майже по вінця водою, завантажують неочищений часник і включають насос 2. Водочасникова пульпа попадає у всмоктувальний патрубок 3 і викидається насосом через нагнітальний патрубок 4 знову в посудину. Хитрість тому, що при всмоктуванні в патрубку 3 створюється розрідження, а у нагнітальному патрубку 4 - надлишковий тиск. Під впливом розрідження у всмоктувальному патрубку повітря намагається вирватися із-під шкірки часнику. Воно розриває і частково відділяє шкірку від поверхні частинок, а утворювані порожнини заповнюються водою. В нагнітальному патрубку ці частинки попадають під надлишковий тиск, який витискує з під шкірок воду. При цьому частинки остаточно звільняються від лушпайок.

Крім того, у фонді учбових задач існує група задач-аналогів, які можна використовувати для підказування при розв'язуванні аналогічних задач.

Наприклад, є така задача: «Для прискорення випробувань двигуна на зношування необхідно подавати визначену дозу абра-

живного порошку. Потрібний простий і надійний спосіб подачі».

Відповідь рішення задачі: абразив спочатку наносять рівномірним шаром на поверхню беззольної паперової стрічки, подають стрічку з потрібною швидкістю, спалюють її, дим виходить, абразив поступає у двигун (а.с. 305363) [32].

Цю задачу було використано в ролі аналога для розв'язання задачі змащування валків прокатного стану: потрібен спосіб змащування прокатних валів, який забезпечує рівномірне нанесення рідини, що виключає розбризкування, причому в устаткування не можна вносити істотних змін. На розв'язок цієї задачі видано а.с. 589046, в якому рідким мастилом просочують паперову стрічку, що подається в осередок деформації під гарячий валок, де папір згорає, а валки змащуються.

Для використання аналогій необхідно більше читати художньої та технічної літератури, бути спостережливим у житті й вміти аналізувати побачене. Усе перераховане надасть можливість ще ефективніше розв'язувати винахідницькі задачі та стимулювати процес їх рішення.

1.5.4 Емпатія

Емпатія означає ототожнення особистості однієї людини з особистістю іншої і проникнення її в почуття іншої особи. Емпатія часто використовується в сфері людських стосунків і характеризує стан, коли доводиться ставити себе на місце іншої людини. Цим терміном можливо ототожнювати й людину з розроблюваним предметом, деталлю або процесом. Задача полягає в тому, щоб „стати” деталлю і подивитися з її позиції та її точки зору, що можна зробити, тобто *необхідно ввійти в образ і уявити себе у вигляді деталей (підшипника, поршня) або машини і з їхніх позицій подивитись, що можна зробити для вирішення проблеми.*

В задачі з витягуванням ядра грецького горіха емпатія дає хороший розв'язок, якщо уявити себе у вигляді ядра горіха, яке знаходиться під шкаралупою. Там темно й тісно, і, щоб вийти на поверхню, потрібно якимось чином продавити шкаралупу. Від ус-

відомлення цієї задачі до схеми подачі повітря під тиском залишається один крок. Важливим етапом при розв'язанні цієї задачі є обдумування її, знаходячись ніби всередині шкаралупи. І як інверсія, так і емпатія зразу ж підказують потрібне рішення. Емпатія вимагає від людини певних зусиль для входження в образ. Цьому сприяють: природна здібність, розкутість і деяке уявлення, однак більшість людей можуть застосувати цей метод для вироблення нових ідей при невеликому тренуванні. Діти добре входять в образ, молодь - також без напруги, а на старість це робити складніше, але при деякому тренуванні - не важко.

Розглянуті прийоми не універсальні. Це прийоми переборення психологічної інерції, прийоми для розробки нових ідей. І якщо нова ідея не виникає, то існують й інші, більш складні методи, які ми будемо розглядати далі.

1.6 Оператор РЧВ (розміри, час, вартість)

В теорії розв'язання винахідницьких задач (ТРВЗ) на стадії уточнення задачі використовується оператор РЧВ або як його ще називають - „оператор числової осі“.

Оператор РЧВ не завжди дає розв'язок задачі. Власне, він і не призначений для цього, а мета його застосування - розхитати й збити психологічну інерцію перед розв'язанням задачі [4].

Застосування оператора РЧВ проводиться в такому порядку:

1) уявно змінюємо розміри об'єкта від заданого розміру до нуля ($P \rightarrow 0$). Як тепер розв'язується задача?

2) уявно змінюємо розміри об'єкта від заданого розміру до нескінченності ($P \rightarrow \infty$). Як тепер розв'язується задача?

3) уявно змінюємо час протікання процесу (або швидкість руху об'єкта) від даної величини до нуля ($Ч \rightarrow 0$). Як тепер розв'язується задача?

4) уявно змінюємо час проходження процесу від даного розміру до нескінченності ($Ч \rightarrow \infty$). Як тепер розв'язується задача?

5) уявно змінюємо вартість (допущені витрати) об'єкта чи процесу від заданого розміру до нуля ($B \rightarrow 0$). Як тепер

розв'язується задача?

б) уявно змінюємо вартість об'єкта або процесу до нескінченності ($B \rightarrow \infty$). Як тепер розв'язується задача?

Розглянемо, як виглядає застосування оператора РЧВ в конкретній задачі.

Задача 1.1 При будівництві газопроводів виникає необхідність у спорудженні на трасі компресорних установок і цистерн для газу. Часто вони будуються далеко від великих промислових центрів. Цистерна для газу - це зварний циліндр діаметром 50 м і висотою 20 м, рисунок 1.2. Виготовлення даху для цієї споруди викликає масу труднощів. Через нього зтягаються строки будівництва, бо багато часу доводиться витратити на спорудження спеціального риштування, а потім його демонтування. Важко забезпечити і якість робіт, оскільки монтажникам доводиться працювати в незручних положеннях. Краще було б зварити дах на землі, а потім підняти його нагору і приварити до стінок циліндра. Але як це зробити, якщо немає потужного підйомного устаткування? Маса готового даху - 150 т. Завозити спеціальне підйомне устаткування тільки для підйому даху (особливо в умовах бездоріжжя) не вигідно. Як бути?[17].

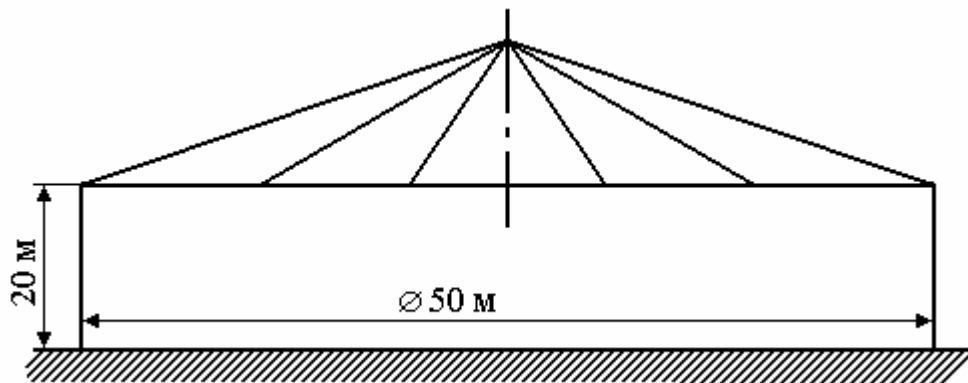


Рисунок 1.2 – Місткість для газу

Уявно почнемо розв'язання цієї задачі із зменшення розмірів даху. Як би ми підняли дах діаметром 5 м? Мабуть, маса його в цьому випадку була б рівна 1,5 тонни і доступна звичайному підйомному крану. А якщо уявно зменшити розміри даху ще в десять разів? Дах діаметром 0,5 м можна було б підняти нагору на-

віть вручну.

Якщо задача при використанні оператора РЧВ в одному із напрямків змінювання параметру різко спрощується, то уявні експерименти в цей бік припиняються.

Спробуємо рухатись в іншому напрямку. Якщо уявно збільшити вихідні розміри даху в десять разів, то вага його повинна збільшитися в квадраті, тобто приблизно в 100 разів. Отже нам необхідно підняти кришку діаметром 500 метрів і масою 15 тис. тонн. Як би ми могли це зробити? Хочеться відмовитись від такої задачі. Але от запитання: припустимо, що такий дах був дійсно виготовлений, - невже людство не знайшло спосіб підняти й встановити його на потрібне місце?

Звичайно знайшло б. Історія знає багато прикладів. Стародавні будівельники пірамід вміли піднімати велику вагу на велику висоту. Можна було б і нам зробити гору, наприклад, з піску, а на ній змонтувати дах. Потім приварити до нього стінки, а пісок видаляти поступово, наприклад, вимиванням.

А якщо уявно збільшити розміри даху ще в десять разів? Як підняти дах діаметром в 5 км? Уявити собі цю ситуацію не так просто. Але спробуємо. По-перше, зразу стане ясно, що такий дах неможливо буде підняти, прикладаючи силу в окремих точках. Напевно, потрібно буде знизу вверх створювати тиск на всю площину даху. Це можливо зробити тільки рідиною. А якщо дах плавучий? Це вже ідея! Зваримо наш дах усередині циліндра. Забезпечимо його „плавучістю” і будемо наповняти циліндричну оболонку водою. Дах сам спливе на призначене йому місце.

Однак при будівництві газосховища, наприклад, в пустелі воду взяти нема звідки. Знайдений принцип розв'язку не універсальний. Тому продовжимо уявний експеримент за оператором РЧВ з нашою задачею.

Повернемося до початкових розмірів даху - 50 м. Будемо змінювати тепер час протікання процесу - в нашому випадку час підйому даху. За допомогою кранового устаткування цю роботу можна виконати за одну годину. А якщо треба зробити за 5 хв.? Нічого доброго в голову не приходить. Спробуємо ще більше загострити ситуацію. Як підняти дах за 5 секунд, за 0,5 секунди? Тут може до-

помогти лише вибух. А якщо використати циліндричну оболонку у вигляді ствола, а дах у вигляді кулі або пижа? Вистріляти дах, затримавши його на потрібному місці за допомогою спеціальних фіксаторів. Правда, як при цьому бути з технікою безпеки?

Спробуємо уявно збільшити час проходження процесу. Якби нам дали для підйому даху цілий рік. Як би ми розпорядились цим часом?

Не так-то легко уявити собі такий строк, вишукати й використати такі процеси, які б продовжувались цілий рік безперервно і постійно. Ті, хто подолають себе і уявно побачать цей процес, запропонують використати процеси розбухання пористих матеріалів при їх змочуванні, посадити під дахом бамбук і виростити його до необхідної висоти і т.п.

Звернемось, нарешті, до третього параметру РЧВ - вартості процесу підйому даху.

Припустимо, що вартість підйому даху за допомогою спеціального устаткування (враховуючи витрати на його доставку і монтаж) складає 1000 грн. А що б ми могли запропонувати для забезпечення підйому даху за 100 грн. або 10 грн.? Тут виникають труднощі - за рахунок чого можна істотно знизити вартість? За рахунок використання природних сил чи за рахунок максимального використання наявного під рукою устаткування? Тут часто доводиться комбінувати всі вище розглянуті ідеї.

І виникає, в нашому випадку, така пропозиція. Замість вибуху використати компресори для створення необхідного тиску повітря під дахом, забезпечивши його сполучення з циліндричною оболонкою, як поршня з циліндром, застосувавши для ущільнення по периметру еластичні матеріали (гуму, поліетиленову плівку та ін.), Ідея ця близька до тієї, яка була використана на практиці. В свій час це дало можливість істотно знизити строки будівництва та підвищити якість монтажу (фірма «Дюмез» у Франції будує куполи на АЕС за допомогою надувних оболонок).

Таким чином в процесі застосування оператора РЧВ вдається не тільки швидко і радикально змінити уявлення про задачу, але й знайти цікаве вирішення, хоча застосування оператора РЧВ не переслідує такої мети.

Питання до самоконтролю:

- 1. Що таке творчість? Дайте визначення цьому поняттю.*
- 2. Назвіть три види наукової і технічної творчості та надайте їх характеристики.*
- 3. Дайте визначення, що таке відкриття та винахід?*
- 4. Приведіть визначення поняттю - раціоналізаторська пропозиція*
- 5. Як у відповідності за ступенем труднощі розділяють винахідницькі задачі?*
- 6. Приведіть приклади рішення задач різних рівнів творчої діяльності.*
- 7. Перерахуйте задатки творчих здібностей які властиві будь якій людині.*
- 8. Назвіть фактори які негативно впливають на активізацію творчості.*
- 9. Що таке психологічна інерція мислення? Дайте визначення цьому поняттю.*
- 10. Назвіть декілька форм існування психологічної інерції.*
- 11. Назвіть психологічні прийоми, які дозволяють активізувати творчий процес.*
- 12. Що таке уява та фантазія? Дайте визначення цим поняттям.*
- 13. Що таке інверсія? Приведіть приклади її використання при рішенні задач творчого характеру.*
- 14. Що таке аналогія? Приведіть приклад використання аналогій при рішенні задач творчого характеру.*
- 15. Що таке емпатія? Приведіть приклади використання емпатії при рішенні задач творчого характеру.*
- 16. Укажіть алгоритм рішення задач за допомогою оператора РЧВ.*

2 МЕТОДИ ПОШУКУ НОВИХ ТВОРЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Евристика та її сутність

Перші відомі нам спроби пояснити закономірності творчого мислення були розпочаті ще в античний час в працях Архімеда Сіракузького, Аполлона Пергамського, Паппа Александрійського, Геракліта Ефеського, Сократа та інших. Саме вони виявилися засновниками евристики - науки про методи творчості [3].

Слово „евристика" вперше з'явилося в працях грецького математика Паппа Александрійського, який жив у другій половині третього століття нашої ери, і означає – «наука про те, як робити відкриття і винаходи».

Суттєвий вклад в розвиток методів творчого мислення зробив Сократ (469-399 рр. до нашої ери), який спробував пробудити приховані творчі здібності людей в процесі діалогу, основні ознаки якого становлять: вільний обмін думками і застосування гумору та іронії; доведення понять до абсурду; застосування аналогії; виявлення суперечностей та ін.

Думки про універсальний метод пізнання і творчості з'явилися в середні віки у Роджера Бекона (1214-1294 рр.), котрий вивчав методи пізнання природи й досліджень у науці, які ґрунтуються на експерименті та математиці, і у Раймунда Луллія (1235-1315 рр.), який створив логічну машину з декількома кругами, де було наклеєно по 9 слів. При обертанні кругів одержувались різні комбінації цих понять, котрі Луллій розглядав як нові істини. У спробі Луллія створити логічну машину присутня раціональна ідея формалізації логічних операцій, яка зробила вплив на Лейбніца і на розвиток математичної логіки взагалі. В період переходу від феодалізму до капіталізму Френсіс Бекон (1561-1626 рр.), філософ, засновник матеріалізму і експериментальної науки, розвинув нове розуміння завдань науки і основи наукової індукції, проголосивши метою знань здатність науки збільшувати владу людини над природою („Наука-сила"!). Французький філософ і різнобічний вчений Рене Декарт (1596-1650 рр.) також бачив кінцеву мету

знань у пануванні людини над силами природи, у відкритті та винаході технічних засобів, у пізнанні причин і дій, в удосконаленні людини. Йому належить фраза „думаю, отже існую". Пізніше Готфрід Вільгельм Лейбніц (1646-1716 рр.), німецький філософ і вчений, працював над створенням універсальної мови (числення), яка б дозволила формалізувати все мислення, тобто запропонував ідею універсальної програми алгоритмічного розв'язування творчих завдань.

В Росії евристиком багато займався Петро Енгельмейер - інженер, в радянський час професор МВТУ, історик техніки, один з перших психологів технічної творчості. В 1897 році в Москві вийшла його книжка «Винаходи і привілегії. Керівництво для винахідників із вступним словом графа Л.М. Толстого». Потім «Теорія творчості», «Філософія техніки», брошура пам'ятка для винахідників, написана в середині 20-х років.

Він був твердо переконаний у необхідності створення універсальної науки про творчість, яку він назвав еурологією. В книгах Енгельмейера зібрані цікаві матеріали, висловлено багато цінних ідей, зокрема про можливість створення біоніки. Енгельмейер писав: «...виявляється, що геніальність зовсім не такий вже божественно рідкісний дар, що вона складає долю кожного, хто не народився зовсім ідіотом» [4]. Через півстоліття цю думку повторив Ф.Цвіккі, автор морфологічного аналізу.

На основі багатьох спостережень росла впевненість у принциповому пізнанні творчих процесів. Однак всі ці й багато інших розробок мали переважно теоретичне значення і до нашого часу практично не застосовувались в практиці технічної творчості. Пояснюється це тим, що в той час ще не існувало вираженої суспільної потреби у евристиці для винахідників, оскільки необхідні темпи технічної творчості могли задовольнити і випадкове винахідництво, і метод «спроб і помилок».

Тому з 20-х років ХХ століття стали з'являтися нові методи активізації творчості. Їх метою було підвищення кількості оригінальних ідей у їхньому загальному потоці, тобто інтенсифікація процесу генерування ідей. Розробка нових методів пошуку нових

технічних рішень продовжується і сьогодні. В останній чверті ХХ століття намітився новий напрямок - методизація творчості, що означає процес методичного озброєння творчої праці вченого, новатора і інженера. Зміст цього терміна охоплює комплекс заходів з дослідження, широкого вивчення і, головне, практичного використання найефективніших методів творчості, а також оцінки результатів їх використання. Методизація творчості розвивається і стає обов'язковою умовою подальшого прогресу науки і техніки [13].

У наступний час усі методи пошуку нових технічних рішень можна розділити на раціональні та ірраціональні.

Раціональні методи використовують логіку аналізу технічних систем, закономірності їхнього розвитку. Це морфологічний аналіз, функціонально-фізичний метод конструювання, алгоритм розв'язування винахідницьких задач, функціонально-вартісний аналіз та ін.

Ірраціональні методи спираються головним чином на активізацію творчих здібностей винахідника, його інтуїцію, фантазію, здатність до аналогій. Це метод контрольних запитань, мозковий штурм, синектика, асоціативні методи та ін.

Своєчасна евристика – синтетична наука. Вона ґрунтується на досягненнях багатьох наук і наукових напрямків, але фундаментом її є діалектика і системний підхід.

У практичній діяльності винахідника, що має тверду світоглядну позицію, що упевнено володіє діалектичним методом і системним підходом, ефективну допомогу роблять так названі інструменти творчості: прийоми, методи і методики пошуку нових технічних рішень і активізації творчого мислення. Розглянемо деякі найпоширеніші методи.

2.2 Асоціативні методи пошуку технічних рішень

Асоціативні методи активізації творчого мислення ґрунтуються на застосуванні у творчому процесі семантичних властивостей понять, шляхом використання аналогії їх вторинних значеннєвих

відтінків. Основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори і випадково обрані поняття [22,31].

До асоціативних методів відносяться (багато в чому аналогічні): метод каталогу, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадків і асоціацій [10,16,22].

Між двома зовсім різними, незв'язаними поняттями (словами) можна здійснити логічний зв'язок, установити асоціативний перехід у чотири-п'ять етапів [11]. Візьмемо два різних поняття «деревина» і «м'яч». Зробимо асоціативний перехід: «деревина» - «ліс», «ліс» - «поле», «поле» - «футбольне», «футбольний» - «м'яч». Чи такі два поняття, як «небо» і «чай»: «небо» - «земля», «земля» - «вода», «вода» - «пити», «пити» - «чай».

Установлено, що число прямих асоціативних зв'язків будь-якого поняття (слова) у середньому біля десяти. Один асоціативний крок дає можливість вибору з 10 слів, другий з 10^2 , третій з 10^3 , четвертий з 10^5 . Таким чином, кожен крок на порядок збільшує число зв'язків даного поняття з іншими поняттями по тим чи іншим ознакам, що істотно розширює можливості вибору ідей рішення.

Винахідництво зв'язане з пошуком віддалених аналогів, переносом знань з однієї області в іншу, інтерпретацією нового за допомогою відомих понять, тому в ньому важко обійтися без обхідних слів, переносного значення, метафоричних виражень, що викликають нові асоціації. Останні розділяють по подібності, контрасту, суміжності і змісту. Асоціації по подібності це матеріал для евристичної аналогії; по контрасту для евристичної інверсії; по суміжності для перетворення в просторі і часі; за змістом-для семантичної інтерпретації проблемної ситуації, установлення причинно-наслідкових зв'язків між технічним об'єктом, його елементами, людиною, середовищем і т.д.

Для виникнення асоціацій і генерування ідей можна використовувати різні метафори [22]. Зручніше застосовувати прості види: бінарні метафори - аналоги («дзвіночок регоче», «підкови брів»); метафори - катахрези, протиріччя («сухопутний моряк», «круглий квадрат»); загадки, метафори - загадки («туман над лісом» - косинка).

Метафори можуть служити підказкою для перебування вина-

хідницької ідеї. Але їх не безпосереднє використання потребує яскраво виражених здібностей до нешаблонного мислення. Для полегшення цього процесу беруть на озброєння прийом інтерпретації значення метафор у технічних термінах. Одночасно з метою розширення простору пошуку ідей і підвищення ступеня їхньої оригінальності прибігають до гірлянд метафор (асоціації), тобто семантично взаємозалежним ланцюжкам. Найчастіше застосовують два їхні різновиди: а) концентровані гірлянди (грона), різним образом відображає те саме ключове поняття; б) гірлянди послідовних метафор (асоціацій), при генеруванні котрих попередня метафора є ключовим поняттям для утворення наступної.

Якщо одне ключове слово «повітря», то гірлянда концентрованих метафор може бути такою: «повітря» - «невидиме середовище» (метафора-аналог) – «матеріальний дух» (метафора - катахреза) – «що сокирою не перерубаєш?» (метафора - загадка). Інтерпретацією гірлянди служать поняття: вакуум, спирт, пневмотранспорт, промінь, тінь, вітер електрика і т.д. При веденні поняття є окремими аналогами ключового слова і використовуються для його аналізу в контексті задачі з метою перебування ідеї рішення.

Застосування послідовних гірлянд метафор дає ще більш віддалень і аналогічні (чи протилежні) поняття. Перевагою метафоричного мислення є його високий рівень оригінальності. Генерування метафор потребує придбання навичок, але легко піддається формалізації.

Якщо на удосконалюємий об'єкт перенести ознаки інших, випадково обраних об'єктів, то різко зросте число неочікуваних варіантів рішення. Ця ідея послужила основою методу активізації творчості, запропонованого в 1926 р. професором Берлінського університету Ф. Кунце (метод каталогу) і удосконаленого в 50-х роках американським винахідником Ч. Вайтингом (метод фокальних об'єктів).

Метод фокальних об'єктів дає гарні результати при пошуку нових модифікацій відомих способів і пристроїв. Крім того, він може бути використаний для тренування уяви (вправи типу: придумати фантастичну тварину, рослину, корабель і т.д.).

Сутність методу складається в перенесенні ознак випадково

обраних об'єктів на удосконалюємий об'єкт, що лежить якби у фокусі переносу.

Застосовують метод фокальних об'єктів у наступному порядку:

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

2. Вибір трьох-чотирьох випадкових об'єктів (їх беруть навмання зі словника, каталогу, технічного журналу і т. д. наприклад, кіно, змія, каса, полюс).

3. Складання списків ознак випадкових об'єктів (наприклад, кіно: широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне і т. д.).

4. Генерування ідей шляхом приєднання до фокального об'єкта ознак випадкових об'єктів (наприклад, широкоекранні годинники, звукові годинники, об'ємні годинники і т. д.).

5. Розвиток отриманих сполучень шляхом вільних асоціацій (наприклад, широкоекранні годинники: замість вузького циферблата взятий широкий; може бути вузький циферблат, що іноді розтягується в широкий, проектується кудись... і т. д.).

6. Оцінка отриманих ідей і добір корисних рішень (доцільно додати оцінку чи експерту групі експертів, а потім спільно відібрати потрібні рішення).

Подальшим розвитком методу фокальних об'єктів є метод гірлянд випадків і асоціацій, розроблений радянським винахідником Г.Я. Бушем [22]. Він допомагає знайти велику кількість підказок для нових ідей шляхом утворення асоціацій. Для приклада вирішимо за допомогою методу таку просту задачу: необхідно запропонувати нові, оригінальні і корисні модифікації стільців для розширення асортименту меблевої фабрики.

1. *Визначення синонімів об'єкта.* Гірлянда синонімів для слова «стілець»: стілець, крісло, табурет, пуф, ослін.

2. *Довільний вибір випадкових об'єктів.* Утворимо другу гірлянду зі слів, узятих навмання, наприклад: електролампочка, ґрати, кишень, кільце, квітка, пляж.

3. *Утворення комбінацій з елементів гірлянд синонімів і випадкових об'єктів, тобто кожен синонім з'єднують з кожним випадковим об'єктом.* Таким шляхом одержуємо: стілець з електролампочкою, ґратчастий стілець, стілець з кишнями,..., табурет для квітів і т. д.

4. *Складання переліку ознак випадкових об'єктів.* Для зручності об'єднаємо їх у перелік найменувань ознак:

- *електролампа* - скляна, світло і тепло випрямінювання, електрична, колоподібна, з цоколем, з електро контактами, матова, кольорова;

- *грати* - металеві, пластмасові, плетені, зварені, куті, гнучкі, тверді, великі, дрібні, з однаковими чи не однаковими осередками з різних матеріалів і елементів;

- *кишеня* - передня, бічна, задня, зовнішня, внутрішня, накладна, помилкова, з блискавкою, для збереження документів, носових хусток, грошей, письмових пристроїв, дзеркала, кишенькового ліхтаря, радіоприймача;

- *кільце* - металеве, дерев'яне, пластмасове, кручене, суцільне, надувне, емальоване, з гальванічним покриттям, з орнаментом, з годинником, з радіоприймачем, для спортивних вправ, кільце Сатурна, із прорізом для кільцювання птахів;

- *квітка* - однокольорова, багатобарвна, запашна, коловідворювальна, чашевідтворювальна, плямиста, що автоматично повертається до сонця, зонтична, що само розкривається, польова, гірська, осіння, водяна, садова, і з шипами, симетрична, лікарська, волосиста;

- *пляж* - морський, річковий, сонячний, піщаний, гальковий, гладкий, горбистий, вузький, широкий, довгий.

5. *Генерування ідей шляхом почергового приєднання до технічного об'єкта і його синонімів ознак випадок але обрані об'єкти.*

Наприклад, ввівши в гірлянду синонімів ознак електролампочки, можна одержати: скляний стілець, тепло випрямінююче крісло, коло відображений пуф, прозоре крісло, табурет з цоколем і т. д. Аналогічно одержують нові ідеї конструкцій, приєднуючи до гірлянди синонімів ознаки інших випадкових об'єктів? грати, кишені, кільця, квітки, пляжу.

6. *Генерування гірлянд асоціацій.* По черзі з ознак випадкових об'єктів, виявлених на кроці 4, генеруються гірлянди асоціацій. Наприклад, якщо в об'єкті "електролампочка" узяти як ключове слово ознаки "з цоколем", то можна одержати гірлянду асоціацій: цоколь, будинок, цегла, пористий, губка, миючий засіб, порошок, піна, мі-

хур, повітря. Кисень, окисли, метал, дзенькіт, звук, коливання і т. д..

7. Генерування нових ідей. До елементів гірлянди синонімів технічного об'єкта приєднують елементи гірлянд асоціацій. Тоді утворюються такі варіанти: крісло у виді міхура, табурет з піни, стілець з пористого матеріалу, пуф, наповнений повітрям і т. д.

8. Вибір альтернативи. На цьому кроці вирішують питання: продовжувати генерування гірлянд чи асоціацій їх вже досить для добору корисних ідей.

9. Оцінка і вибір раціональних варіантів ідей.

10. Добір оптимального варіанта.

Існує ряд інших методів, менш популярних, але які також мають деякі раціональні сторони. З них можна виділити групу методів, що ґрунтуються на комбінаційному підході, серед них метод десяткових матриць пошуку, метод семеричних матриць та ін.

Суть *методу десяткових матриць* (СРСР, Р. Повілейко, 1972 р.) полягає у побудові матриці пошуку, в рядках якої записано 10 евристичних прийомів (неологія, адаптація, мультиплікація, диференціація, інтеграція, інверсія, імпульсація, динамізація, аналогія, ідеалізація), а в стовпцях - десять основних показників технічної системи (геометричні, фізико-механічні, енергетичні, конструкційно-технологічні, надійність і довговічність, експлуатаційні, економічні, ступінь стандартизації і уніфікації, зручність обслуговування й безпеки, художньо-конструкторські показники) [31]. Застосування одного з евристичних прийомів у поєднанні з кожним із показників технічної системи сприяє появі нових асоціацій, які активізують пошук ідей, що приводять до нових технічних вирішень.

2.3 Метод контрольних запитань

Як відомо, стародавні греки вважали наймудрішою людиною на світі Сократа, а той вважав, що вміє в житті робити добре тільки одне - ставити запитання. За їхньою допомогою співрозмовники

самі знаходили істину. Можливо, відсутність під рукою у кожного винахідника свого Сократа спонукало ряд винахідників пошукової діяльності замінити співрозмовника-мудреця на списки контрольних запитань [20].

Метод контрольних запитань (МКЗ) - один із методів психологічної активізації творчого мислення. Його *мета* - за допомогою наведених питань підвести до розв'язку задачі. Списки таких запитань пропонувалися з 20-х років минулого століття.

МКЗ може застосовуватись у вигляді монологу винахідника, у вигляді промови, зверненої до самого себе, наодинці з собою, або у вигляді діалогу винахідників, наприклад, в серії запитань, що задаються керівником мозкового штурму членам групи «генераторів ідей». Широко відомі списки контрольних запитань, які запропонували А.Осборн, Д.Пірсон, Е.Раудзенц, Г.Буш та ін. Наприклад, список автора мозкової атаки А.Осборна утримує дев'ять груп запитань [4,25]:

1. Яке нове застосування технічному об'єкту Ви можете запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?

2. Чи можливо рішення винахідницької задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує Вам даний технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи маються в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використовувати? Що можна скопіювати? Який технічний об'єкт потрібно випереджати?

3. Які модифікації технічного об'єкта можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, вигину, кручення, повороту? Які зміни призначення (функції), кольору руху, запаху, форми, обрисів можливі? Інші можливі зміни?

4. Що можна збільшити в технічному об'єкті? Що можна приєднати? Чи можливо збільшення часу служби, дії? Збільшити частоту, розміри, міцність? Підвищити якість? Приєднати новий інгредієнт? Дублювати? Чи можлива мультиплікація робочих чи елементів всього об'єкта? Чи можливо перебільшення, гіперболізація елементів чи всього об'єкта?

5. Що можна в технічному об'єкті зменшити? Що можна

замінити? Чи можна що-небудь ущільнити, зжати, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, покоротшати, звузити, відокремити, роздрібнити?

6. Що можна в технічному об'єкті замінити? Що, скільки замішати і з чим? Інший інгредієнт? Інший матеріал? Другий процес? Інше джерело енергії? Інше розташування? Інший колір, звук, висвітлення?

7. Що можна перетворити в технічному об'єкті? Які компоненти можна взаємно замінити? Змінити модель? Змінити розбивку, розмітку, планування? Змінити послідовність операцій? Транспонувати причину й ефект? Змінити швидкість чи темп? Змінити режим?

8. Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки? Транспонувати позитивне і негативне. Не можна чи обміняти місцями протилежно розміщені елементи? Повернути їх задом наперед? Перевернути низом верх? Поміняти місцями? Поміняти ролями? Перевернути затиски?

9. Які нові комбінації елементів технічного об'єкта можливі? Чи можна створити суміш, сплав, новий асортимент, гарнітур? Комбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Комбінувати мети? Комбінувати привабливі ознаки? Комбінувати ідеї?

Одним з кращих можна вважати список запитань, складений англійським винахідником Т.Ейлоартом. Це свого роду програма роботи талановитого винахідника, який з фантастичною наполегливістю намагається розв'язати задачу методом спроб і помилок. Деякі запитання потребують розвинутої уяви, інші - глибоких різнобічних знань. Список контрольних запитань по Т.Ейлоарту наведено в [4,32] де з ним можна ознайомитись самостійно.

В сучасних умовах МКЗ може бути використаний лише на початкових стадіях постановки або розв'язування технічно нескладних задач. Справа в тому, що будь-яке формулювання запитання звичайно має на увазі можливі одноразові зміни об'єкта. Розв'язування складних задач вимагає комбінації змін. І хоча в питаннях пропонується розглянути такі комбінації, але не пропонуються методичні рекомендації, як це зробити і як оцінити от-

римані результати. Однак фрагменти із списків контрольних запитань і навіть цілі списки входять до складу низки сучасних та складніших і ефективніших методів пошуку.

Тому застосування списків іноді відносять до методів ліквідації безвихідних ситуацій. Однак, як що технічна задача не вирішується за допомогою наведених вище способів, то можливо для рішення використати мозковий штурм. Що це таке розглянемо у наступному підрозділі.

2.4 Мозковий штурм

Мозковий штурм (МШ) відомий і під такими назвами, як мозкова атака, брейнстормінг, брейн-ринг, облога мозку, метод обміну думками тощо, застосовується для отримання нових ідей в науці, в техніці, в адміністративній і торговельній діяльності.

МШ, як один із популярних методів психологічної активізації колективної творчої діяльності, запропонований американським підприємцем і винахідником А. Осборном у 1951 році, хоча він почав розроблятися на рубежі 30...40-х років. Метод мозкового штурму застосовувати не дуже важко. Для цього потрібне невелике тренування. Але часто цей метод ні до чого не приводить.

В основі МШ лежить припущення, що розв'язок завдання можна отримати, даючи вихід з підсвідомості направленого потоку ідей. А. Осборн розумів, що лише невеликий відсоток людей здатний висловити нові, ще сирі, не сформульовані думки. І тут з'являється парадокс: щоб зменшити упорядкованість мислення, пануючу в свідомості, яка спрямовується психологічною інерцією, і допомогти новим ідеям прорватися із підсвідомості в свідомість, необхідно внести порядок в саму процедуру МШ, ввівши деякі правила.

Перше правило. *Ніяка критика й винесення суджень, сприятливих або несприятливих, в процесі генерування ідей не допускаються. Коли критика не допускається, будь-яка ідея добра і її легше висловити.*

Друге правило. *При МШ потрібно якомога більше ідей. По-*

трібні різноманітні ідеї і думки, які необхідно висловлювати вільно, не скуто, не задумуючись.

В одному американському посібнику з мозкового штурму говориться: «99% ваших конструктивних ідей виникають подібно електричній іскрі при контакті з думками інших людей» [19].

Третє правило. *Члени групи не повинні бути дуже глибоко пов'язані один з одним і особисто зацікавлені у завданні, що розглядається.*

Вони повинні мати уявлення про завдання, знати й розуміти його, але не зобов'язані бути фахівцями у цьому напрямку, хоч і не повинні бути невігласами.

Завдання послідовно розв'язують дві групи людей по 4...15 чоловік в кожній. Допускається й менше, й більше число учасників.

Перша група тільки висуває різноманітні ідеї - це група «генераторів ідей». В ній бажано мати людей, схильних до абстракції і з буйною фантазією (екстравертів). Сюди потрібно включити й суміжників (конструктора, технолога, економіста і постачальника) і одного-двох чоловік «зі сторони», що не мають ніякого відношення до завдання (лікаря, перукаря, поштового працівника). Ця група «штурмує» завдання на протязі 20...50 хвилин з регламентом 2 хвилини на ідею, які фіксуються в протоколі, або записуються на магнітофон.

Друга група після закінчення «штурму» виносить думку про цінність висунутих ідей. Це група «експертів», сюди краще включати людей з аналітичним, критичним складом розуму (інтровертів).

У завдання експертів входить не тільки оцінка ідей, але й аналіз прихованих можливостей в кожній пропозиції.

Тому фахівці-експерти повинні дати свої висновки з висунутих ідей і детально розібрати їх, обов'язково вишукуючи в них раціональні зерна, що містить будь-яка ідея, якою б парадоксальною вона не була.

Процесом розв'язання завдання управляє керівник, який ставить запитання, інколи підказує, направляє дискусію в потрібному напрямку, слідкуючи за тим, щоб висловлювались не тільки дуже практичні ідеї, а й фантастичні і непрактичні, які можуть

дати поштовх іншим ідеям.

Якщо завдання не розв'язане в процесі «штурму», то його можна повторити, але краще з іншим колективом.

Для активізації процесу генерації ідей в процесі «штурму» рекомендується використовувати розглянуті вище прийоми, які з успіхом використовуються винахідниками (інверсія, емпатія, аналогія, уява та фантазія).

На перший погляд може здатись, що мозкова атака - інструмент не дуже серйозний, екзотичний і не дуже прийнятний для земних винахідницьких і раціоналізаторських задач. Але це не так. З її допомогою можуть розв'язуватись досить різноманітні, в тому числі й досить складні завдання. Більше того, деякі керівники науково-технічних колективів стихійно використовують правила мозкової атаки у своїй роботі, не будучи знайомими з ідеями Осборна, влаштовують «неофіційні» наради в домашній атмосфері, за чашкою чаю і доброзичливо розглядають будь-яку висунуту ідею при розв'язанні гострих науково - технічних питань.

При цьому часто запрошуються на такі наради і не фахівці, а люди «зі сторони», які не мають досвіду з розв'язання поставленого завдання.

До речі, багатьма творцями науки і техніки у різних формах висловлювалась думка про те, що неочікувані вирішення знаходить частіше не фахівець, а той, хто не знає того, що дана задача не розв'язується. І можна навести чимало прикладів на користь цієї думки.

Так, у США в зв'язку із проблемою збільшення транспортних перевезень морським шляхом при втратах суден, під час 2-ї світової війни виникла гостра проблема в прискоренні виробництва нових суден. А суднобудівники будували судна на стапелях дуже повільно. Будівництво же нових стапелів в свою чергу вимагало багато часу. До вирішення задачі запросили автомобілебудівників. І вони запропонували технологію будівництва суден в строк, який був майже на порядок менший [4].

Відомий і такий факт, коли Форд вимагав від своїх конструкторів створити автомобіль масою в 1 т, а вони не могли зробити автомобіль легший 1,5 т. Тоді Форд запросив авіаконструкторів і во-

ни ніяк не могли сконструювати автомобіль, важчий за 500 кг [20].

Все ж ефективність МШ визначається не тільки запрошенням «сторонніх». На час сесії створюється атмосфера невимушеного обміну думками, коли значно легше варіювати й комбінувати ідеї, висловлені учасниками різних спеціальностей. Тому під час МШ за 30...50 хвилин висувається від 50 до 150 різних ідей, 10-15 % з яких можуть бути не позбавлені глузду й прийняті до розроблення. При індивідуальній роботі за цей час висувається не більше 10...20 ідей.

В 50...60-х роках ХХ століття МШ вважався досить ефективним і перспективним методом пошуку нових технічних рішень.

Поступово вияснилось, що складні винахідницькі задачі цим методом розв'язати не вдається. Нині вважається, що МШ - це легкий і надзвичайно швидкий спосіб колективного пошуку різноманітних ідей при вирішенні не особливо складних технічних, наукових і організаційних завдань.

У наступний час МШ широко й ефективно використовується в телеіграх «Що, де, коли?» і «Брейн-ринг». Але він не прижився в телепередачах при розв'язуванні складних технічних завдань.

Здійснювались численні спроби модернізувати метод, розширити його можливості, підвищити ефективність. З'явився ряд різновидів МШ, в тому числі індивідуальний, парний, масовий, поетапний, з додатковим збором пропозицій тощо.

Загальним для всіх різновидів ефектом є деяке розширення можливостей методу і «дожимання», розвиток цінних ідей при продовженні роботи над ними після основного «мозкового штурму».

Так, наприклад, в процесі одного МШ за 44 хвилини було подано 105 пропозицій, а наступного дня ще 23, чотири з яких виявились кращими будь-якої з перших 105 пропозицій. В зв'язку з цим, рекомендується після мозкового штурму проводити додатковий збір пропозицій учасників на другий день.

Питання про авторство і пріоритет рішень, знайдених в результаті «мозкового штурму», є дуже важливим і складним.

Тому й рекомендується проводити мозковий штурм групами

по 5...15 чоловік, де вже легше вирішити питання про авторство.

Метод МШ краще всього використовувати для розв'язування завдань, які не є точними або спеціальними, і взагалі, нескладних задач.

Для його застосування більше підходить завдання такого типу: «Якою уявляється конструкція нової машини?» або «Як змінити планування ділянки, цеху для покращання умов праці і підвищення ефективності використання виробничих площ?» і гірше підходять вузькі завдання: «Яким чином можна зменшити рівень шумів в осцилографі, який використовується для перевірки телевізійних кінескопів».

Нині, коли появились десятки інших більш складних і детально розроблених методів і прийомів пошуку нових технічних рішень, «мозковий штурм» в його початковому чистому вигляді для розв'язування винахідницьких задач використовується не дуже широко. Але цей метод вивчається, як і колись, в числі перших при підготовці фахівців із сучасної технології винахідництва. Приклад використання МШ наведений в [4, 32]. Подальшим удосконаленням мозкового штурму є синектика, яка також допомагає психологічно активізувати процес творчості, надати процесу творчості нового поняття у плані знаходження нових рішень.

2.5 Синектика

Синектика - найсильніша із створених за рубежом методик психологічної активізації творчості. Вона є подальшим розвитком і удосконаленням мозкового штурму.

Синектика запропонована в 1952-1959 роках американським винахідником і дослідником Вільямом Дж. Гордоном, який почав працювати в цьому напрямку в 1944 році. В 1960 р. Вільям Дж. Гордон організував фірму з навчання творчому мисленню «Синектикс інкорпорейтед», яка до 1970 року навчила понад 2000 чоловік [21].

Слово синектика у перекладі з грецької означає «сполучення» різнорідних елементів. В основу синектики покладено мозковий

штурм, але цей штурм веде професійна або напівпрофесійна група, яка від штурму до штурму нагромаджує досвід розв'язування задач. При синектичному штурмі допускаються елементи критики і відбору ідей.

Синектори навчаються застосуванню чотирьох видів аналогій при пошуку нових ідей.

Перший вид аналогії - *пряма аналогія*. Її широко використовують всі інженери й винахідники, коли порівнюють об'єкт або процес, що розглядається, із аналогічним об'єктом або процесом в іншій галузі техніки. Подивимось на конкретному прикладі, чим відрізняється використання цього виду аналогії синекторами [21].

Задача 2.1 Трубопроводом рухається пульпа - вода з частинками залізної руди. Для регулювання потоку пульпи використовується заслінка. Частки руди, вдаряючись у заслінку, швидко стирають її. Це приводить до частоті зупинки технологічного процесу для заміни деталі, яка вийшла із ладу. Як забезпечити захист її від швидкого зношування?

Синектична група вводить в ланцюжок аналогій схожі елементи які використовуються в дробоструминних апаратах, як захищаються від пошкоджень рослини, зокрема дерева, як захищаються стравоходи риб, що харчуються «колючою» їжею і т.д., тобто розглядаються аналогії і в інших галузях техніки, і в природі.

Другий вид аналогії - *особиста або емпатія*. Синектор порівнює себе з технічним об'єктом, уявляє собі, що б він робив сам, якби був на місці цього об'єкта.

Попробуємо використати емпатію при розв'язанні вищезгаданої задачі - захисту заслінки від зношування частинками руди в потоці пульпи. Спробуйте уявити себе на місці заслінки в аналогічній ситуації. Наприклад, в коридорі, по якому летять різні предмети, скажімо, сукуваті поліна, і вам потрібно регулювати їх потік. Більшість говорила, що вони стали б ухилятися від ударів, тобто просто не могли уявити себе в цій важкій ролі. Той же, хто досить реально ставив себе на місце заслінки, відразу ж говорив, що потрібно зловити перше ж поліно, яке летить в тебе і з його

допомогою керувати польотом інших. І заслінка у потоці пульпи повинна, імовірно, щоб швидко не зношуватись, уміти робити те ж саме. Таку властивість неважко надати їй у дійсності. Досить заслінку намагнітити і вона покриється, наче панциром, шаром частинок залізної руди. Цей шар буде постійно руйнуватись потоком пульпи, але й постійно відновлюватись частинками, які уловлюються магнітним полем заслінки.

Третій вид аналогії - *фантастична*. Застосовуючи її, синектори при пошуку нових ідей звертаються за допомогою до золотої рибки, чарівної палички, навчених тварин тощо. Або, як вказує у своїй книзі В.Гордон, можна поставити запитання: «Як зміниться ваша проблема, якщо перестане діяти тяжіння» і т.д.

Четвертий вид аналогії - *символічна*, яка вимагає, буквально в двох словах, відобразити суть явища, причому слова повинні утримувати в собі дещо неймовірне, дивовижне. Літератори й журналісти часто використовують цей прийом для того, щоб у назві твору або книги яскраво розкрити суперечливу суть персонажів або явищ: «Без вини винуваті», «Живий труп», «Квіти зла», «Гарячий сніг», «Очевидне й неймовірне». Такий прийом знаходження «назви книги» по ключовому слову корисно давати й технічному об'єкту так, щоб воно обов'язково утримувало парадокс. Знайти найкращий варіант «назви книги» навіть тренуваному колективу вдається не відразу. Тому перші варіанти підправляють і уточнюють, бажаний результат знаходять, звичайно, після 5...10 спроб. На одному із занять з технічної творчості пошук «назви книги» для ключового слова «захист» при розв'язуванні задачі попередження стирання заслінки пульпою були запропоновані такі символічні аналогії: «жива броня», «невидима кольчуга», «беззмінна пелюшка», «відростаючий панцир».

Остання аналогія підказала технічне рішення: подавати до заслінки охолоджений агент - вона буде покриватись льодом, який оберігає від стирання.

Синектори працюють за певною програмою, в чотири етапи.

На першому етапі синектори формулюють і уточнюють «проблему, як вона подана».

На другому етапі формулюють «проблему, як її розуміють».

На третьому етапі ведеться генерація ідей з використанням усіх вище названих аналогій.

На четвертому етапі ідеї переносяться на «проблему, як вона подана» і «як її розуміють». Важливим елементом цього етапу є критична оцінка ідей експертами.

Синектичні засідання, які проходять, як правило, декілька годин, складають незначну частину загального часу розв'язування поставленого завдання. Решту часу синектори вивчають і обговорюють одержані результати, консультуються із фахівцями, експериментують, займаються пошуками кращих способів реалізації рішення.

Нерідко кінцеве рішення, до якого приходять синектори, здається настільки звичайним, що важко відмежуватись від думки, нібито його можна було одержати і без усіх хитромудрих «аналого генеруючих процедур». Проте про практичну цінність методу можливо судити з того, що послугами «Синектик інкорпорейтед» постійно користуються багато американських фірм, в тому ж числі такі, як «Дженерал електрик», ІВМ (обчислювальні машини), «Ремінгтон» (зброя) тощо. Цей досить складний метод прийшов в 50...60-х роках минулого сторіччя на зміну відносно простим методам, які не вимагають спеціального навчання.

Головними перевагами методів активізації пошуку, які були розглянуті вище, є простота й доступність. Такі методи, як мозковий штурм, можуть бути засвоєні після одного-двох занять. Навчання синектиці триває, як правило, всього декілька тижнів. Методи активізації пошуку універсальні, їх можна використовувати для розв'язування універсальних завдань - наукових, технічних, організаційних та інших.

Принциповий недолік розглянутих методів - непридатність при розв'язуванні досить важких завдань. Штурм (простий або синектичний) дає на порядок більше ідей, ніж звичайний метод спроб і помилок. Але цього мало, якщо «ціна» задачі 10 тисяч або 100 тисяч спроб. Крім того, розглянуті методи не дають об'єктивних критеріїв оцінки нових технічних ідей, за винятком експертних, і нове завдання, якщо навіть вчасно помічене й

швидко розв'язане, піддається насмішкам і його просто не розуміють навіть ті ж експерти.

Методи активізації пошуку творчих рішень зберігають в дещо поліпшеному вигляді стару тактику перебору варіантів. Ці методи не розвиваються, а спроби їх комбінування не дають істотно нового результату.

Але, як що потрібно провести модернізацію відомої конструкції, або її удосконалення то у такому разі слід застосувати більш корисний для цього метод - морфологічний аналіз.

2.6 Морфологічний аналіз

Одним із найважливіших елементів творчої діяльності, будь-то наукової чи інженерної, є класифікування. Недаремно багато талановитих діячів науки й техніки люблять все піддавати класифікуванню.

Класифікування дозволяє швидше і точніше орієнтуватись у великій різноманітності понять і фактів. Відмінним прикладом корисності класифікування є відкриття Д.І. Менделєєвим періодичної системи елементів, яка була збудована після впорядкування хімічних елементів по атомній вазі і класифікування по валентності.

Не випадково, морфологічний аналіз (МА), один з найбільш поширених методів технічного пошуку, базується на класифікуванні й відноситься до раціональних методів пошуку нових технічних рішень.

Термін «морфологія» (вчення про форму: від грецького *morphe*- форма і *logos*- вчення) увів у 1796 році Гете - основоположник вчення про форму й будову рослин і тварин - морфології організмів. Це не поодинокий випадок, коли словотворчість поета дістала широке визнання й розповсюдження в багатьох науках: в подальшому з'явилась морфологія людини, морфологія ґрунтів тощо.

Вперше МА було використано для розв'язування технічних завдань у 1942 році, коли Фріц Цвіккі почав розробляти ракетні

двигуни у фірмі «Аероджент інжинірінг корпорейшен».

Таблиця 2.1 – Морфологічна таблиця пристроїв для розкрою [5]

Ін-декс ознаки	Морфологічна ознака	Варіанти							
		1	2	3	4	5	6	7	8
А	Різальні інструменти	прямий ніж	стрічковий ніж	дисковий ніж	вирубний ніж	ножиці	лазерний промінь	струмінь	Мікроплазма
Б	Привід різального інструменту	ручний	електричний	гідравлічний	механічний	пневматичний	пресвирубний	електромагнітний	
В	Керування розкромом	ручне	автоматичне по жорсткій програмі	за допомогою ЕОМ					
Г	Кількість розкроїв полотна	один	декілька						

Автор нового методу пошуку Ф. Цвіккі, відомий швейцарський астрофізик, не дав розгорнутого визначення поняття «морфологічний аналіз». Він лише вказав, що цей метод дозволяє знаходити всі варіанти вирішення проблеми. За допомогою МА вченому вдалось за короткий проміжок часу отримати значну кількість оригінальних технічних рішень у ракетобудуванні, чим він дуже здивував керівників фірми. В 1943 р. він побудував морфологічну матрицю (ящик) для реактивних двигунів, що працюють на хімічному паливі, яка містила 576 можливих варіантів, в числі яких були і схеми секретних тоді німецьких літаків-снарядів ФАУ-1 і ракети ФАУ-2, а в 1951 р. він склав морфологічний ящик, у якому містилось 36864 типи реактивних двигунів [23].

Суть морфологічного аналізу полягає в тому, що у технічній системі, яка проектується або удосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних, морфологічних ознак,

тобто, ознак будови системи. По кожній морфологічній ознаці складають список конкретних варіантів технічних рішень цих ознак. Варіанти морфологічних ознак будують у вигляді таблиці або наносять на систему координат, що дозволяє краще уявити пошукове поле.

Перебираючи всілякі сполучення варіантів, можна виявити нові розв'язки завдання, які при простому переборі можуть бути втрачені.

Наприклад, розглянемо метод МА для прогнозування розвитку пристроїв для розкрою тканин в легкій промисловості. Виділимо основні морфологічні ознаки, вкажемо конкретні варіанти й дамо їх у вигляді таблиці 2.1 [5].

Побудована таблиця називається морфологічним ящиком (МЯ), який вивчається, і найбільш цікаві варіанти записуються.

МА може бути представленим у вигляді морфологічної матриці, з вигляду схожої із математичною матрицею. Для таблиці 2.1 матриця має вигляд:

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
V1	V2	V3	G1	G2			

Загальна кількість варіантів, що містить матриця, дорівнює елементів у кожному рядку. У нашому випадку воно становить: $8 \times 7 \times 3 \times 2 = 336$ варіантів.

Побудувавши таблицю, або матрицю, проводять оцінку варіантів і вибирають найкращий. Ось деякі варіанти:

1) A1-B7-V1-G2 - машини для розкрою з прямим ножом і електромагнітним приводом для розкрою настилів з ручним керуванням;

2) A1-B2-V1-G2 - те ж, тільки з електродвигуном і з передачею механізмом від електродвигуна до ножа;

3) A2-B2-V2-G2 - стрічкові механізми для розкрою і для розсікання настилів з автоматичним керуванням за короткою програмою;

3) А3-Б1-В1-Г2 - машини для покрою з дисковим ножом, з електродвигуном для розсікання настилів на частини і ручним керуванням;

4) А4-Б6-В2-Г2 - вирубні преси, на яких вирубка проходить за допомогою спеціальних різаків;

5) А6-Б5-В3-Г2 - лазерний розкрій, що містить лазер, пневмопривід для переміщення і комп'ютер для керування розкромом за програмою;

6) А7-Б3-В3-Г2 - пристрій для розкромом за допомогою тонкої цівки води під тиском 400...600 МПа із витратою до 40 л/год., переміщення від гідроприводу, керування - ЕОМ за гнучкою програмою і т.д.[5].

Розглянуті приклади показують, що метод МА дає можливість розглянути сотні й тисячі нових сполучень, які без МА можуть бути не враховані, дає можливість охопити всі варіанти одним поглядом і систематично дослідити, а звідси й недалеко до принципово нових рішень.

Але за дивовижну легкість отримання варіантів при використанні МА доводиться розраховуватись великою трудомісткістю при виборі варіантів. При побудові морфологічної таблиці бажано зробити її якомога повнішою і не втратити цікаві варіанти, але в той же час потрібно добитись її максимальної компактності.

Наприклад, для 20 ознак і 10 варіантів з кожної ознаки ящик буде містити 10^{20} можливих рішень! Перебрати їх не зможе ніяка ЕОМ.

Внаслідок цих причин МА частіше використовують не для пошуку якогось одного ефективного рішення, а при системному підході до розв'язування творчих завдань загального плану:

- 1) для пошуку компоувальних або схемних рішень машин;
- 2) для дослідження галузі можливого застосування технічних систем;
- 3) для виявлення простих винаходів, які до цього часу ніким не помічались;
- 4) для прогнозування розвитку технічних систем;
- 5) при визначенні можливості патентування комбінацій ос-

новних морфологічних ознак з метою „блокування можливих майбутніх винаходів“;

б) при функціонально-вартісному аналізі.

Приклади використання МА за пп. 1...5 наведені у [1] і їх можливо самостійно вивчати по [3].

Аналіз методів пошуку нових творчих рішень, які були розглянуті в цьому розділі, показав, що їх перевагами є:

- *універсальність*, оскільки вони можуть застосовуватися в техніці, науці, управлінні, допомагають при творчому розв'язуванні фізичних, медичних, побутових та інших різних завдань;

- *простота освоєння*, оскільки для цього не потрібно спеціального тривалого навчання (крім синектики);

Загальним недоліком розглянутих методів є *порівняно низька їхня ефективність* і навіть найкращі з них морфологічний аналіз і мозковий штурм, - як правило, лише *збільшують кількість ідей*, але *не підвищують їх якості*, тобто рівень і швидкість розв'язування [1].

Питання до самоконтролю:

1. Дайте визначення, що таке евристика.
2. Назвіть які методи рішень у технічній творчості відносять до раціональних.
3. Перерахуйте методи рішень у технічній творчості які відносяться до ірраціональних.
4. Назвіть асоціативні методи які використовуються при пошуку нових технічних рішень.
5. Сутність методу каталогу. Наведіть приклади.
6. Метод фокальних об'єктів. Наведіть приклади.
7. Сутність методу гірлянд випадків і асоціацій.
8. Метод десяткових матриць. Наведіть приклад використання.
9. Метод контрольних запитань, його сутність та використання.
10. Мозковий штурм.
11. Назвіть правила, яких треба дотримуватися при проведенні мозкового штурму.
12. Синектика. Її сутність та методи проведення.
13. Програма рішень творчих задач з використанням синектики.
14. Переваги та недоліки при використанні методів активізації творчості.
15. Сутність морфологічного аналізу. Наведіть приклад.

3 АНАЛІЗ ЗАДАЧ ТА СІНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

3.1 Технічна система

На розвиток техніки вирішальний вплив роблять соціальні (суб'єктивні) фактори і визначальні внутрішні фактори в системі інших об'єктивних факторів. При цьому можна умовно говорити про відносну самостійність розвитку техніки[8].

Зростання складності інженерних задач, які включають, крім технічних проблем, економічні, соціальні й політичні, вимагає застосування методів, що ґрунтуються не на інтуїції і випадковості, а на суворому врахуванні закономірностей технічних систем.

Технічна система (ТС) - це сукупність упорядковано взаємодіючих елементів з властивостями, що не зводяться до властивостей окремих елементів, і призначена для виконання конкретних корисних функцій [7].

Технічна система має чотири головні (фундаментальні) ознаки:

- 1) системи створені для певних цілей, тобто виконують корисні функції (*функціональність*);
- 2) системи складаються з частин, тобто мають структуру (*цілісність*);
- 3) елементи (частини) системи пов'язані один з одним, з'єднані відповідним чином і організовані в просторі й часі (*організація*);
- 4) кожна система в цілому має певну особливу властивість, яка не дорівнює простій сумі властивостей її складових елементів, інакше втрачається смисл створення системи (*системна якість*).

Відсутність хоч би однієї ознаки не дозволяє вважати об'єкт технічною системою. Тільки функціонально точно з'єднані елементи дають головну якість системи і виправдовують її існування.

Точно так само набір літер (е, т, і, н, к, а, х), з'єднавшись тільки певним чином, дають нову якість (наприклад, слово «ТЕХНІКА»).

Технічна система називається повною, якщо вона має все не-

обхідне для виконання своїх функцій без участі людини. Переважна більшість відомих технічних систем неповні й дуже багато з них є технічними системами, які розвиваються.

Технічною системою, що розвивається, називається система, яка зазнає за час свого існування низки послідовних модернізацій, зв'язаних спільністю головної корисної функції та відмінних одна від однієї направленою будь-яких параметрів [4].

Життя технічної системи (як і інших систем) можна зобразити у виді S-образної чи кривої лінії (рисунок 3.1), що показує, як міняються в часі головні показники системи (потужність, продуктивність, швидкість і т.д.) [8].

Незважаючи на індивідуальні особливості, властивим різним технічним системам, ця залежність має характерні ділянки, загальні для всіх систем [7,8]. У «дитинстві» (ділянка1) технічна система А розвивається повільно. Але настає пора «змушніння» і «зрілості» (ділянка2), коли вона швидко удосконалюється: починається масове її застосування. Потім темпи розвитку йдуть на спад (ділянка3) - приходить «старість» (система вичерпує себе). Далі технічна система А або деградує, змінюючись принципово іншою системою Б, або на довгий час зберігає досягнуті показники (ділянка 4).

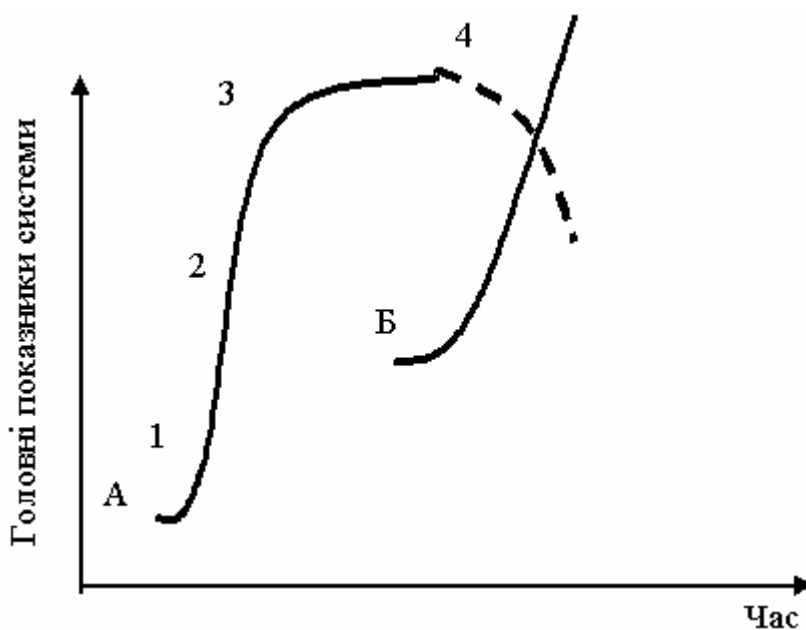
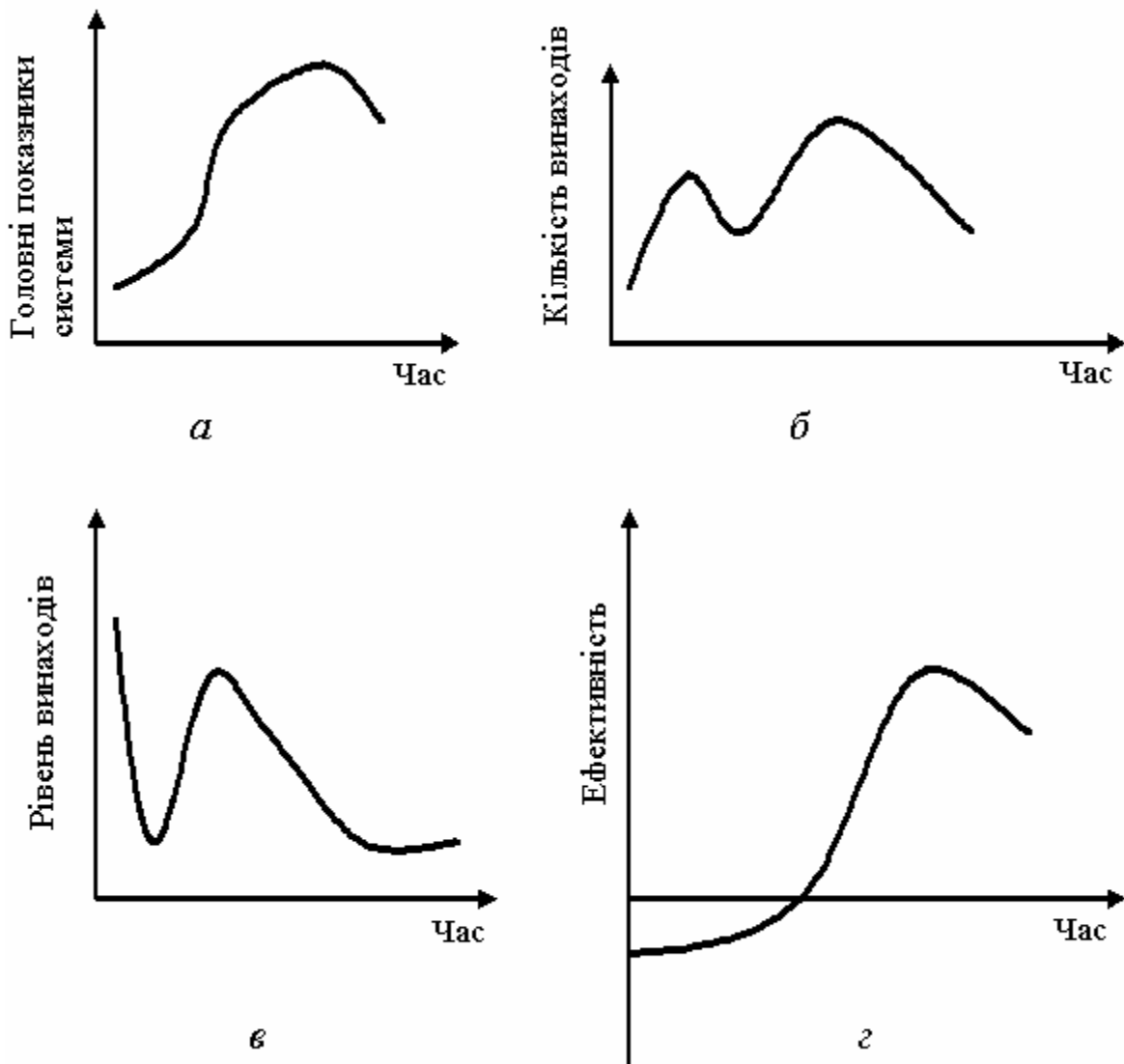


Рисунок 3.1 –Зміна головних показників технічних систем за часом

Зіставлення «життєвої кривої» технічної системи (рисунок 3.2,а) зі зміною в часі показників технічної творчості (винахідницької діяльності) дає можливість виявити ряд цікавих закономірностей. На графіку (рисунок 3.2,б), зображеному, перший пік кількості винаходів відповідає періоду переходу до масового застосування системи, другий – обумовлений прагненням продовжити життя системи.

Перші винаходи, що створюють основу технічної системи, завжди високого рівня (рисунок 3.2,в).



a- система і пов'язані з нею розвиток показників; *б* – якість винаходів; *в* – творчій рівень винаходів; *г* – середня ефективність одного винаходу

Рисунок 3. 2 – Зміни у часі основних показників технічної системи

Поступово цей рівень знижується. Пік на графіку, відповідає винаходам, що забезпечують системі можливість масового використання. За цим піком спад: рівень їх неухильно знижується, наближаючи до нуля (тим часом з'являються інші винаходи високого рівня, що відносяться до нової системи, що переміняє дану). Незважаючи на високий рівень, перші винаходи не дають прибутку, тому що технічна система існує на папері в одиничних зразках, у ній багато недоліків, недосконалостей і недоробок. Прибуток починає з'являтися після переходу до масового застосування системи (рисунок 3.2,г). У цей період навіть невелике удосконалення приносить великий ефект.

Знання особливостей «життєвих кривих» технічних систем необхідно для з'ясування резервів їхнього розвитку і визначення доцільності чи удосконалювання створення принципово нових рішень.

Такий аналіз дозволив на науковій основі зробити першу спробу виявлення і формулювання законів розвитку технічних систем [8].

Ці закони (принципи) можна умовно розділити на статичні (визначальний початок життя технічних систем), кінематичні (визначальний їхній розвиток) і динамічні (відображаючи головні тенденції розвитку технічних систем у наш час).

До першої групи відносяться закони:

повноти частин - необхідною умовою життєздатності системи є наявність і мінімальна працездатність основних її частин (технічна система повинна включати двигун, трансмісію, робочий орган і орган керування, кожний з яких повинний бути хоча б мінімально придатний до виконання її функції);

«енергетичної провідності» - система життєздатна, якщо має наскрізний прохід енергії по всіх її частинах (тому що будь-яка технічна система - перетворювач енергії, очевидна необхідність передачі енергії від двигуна через трансмісію до робочого органа);

узгодження ритміки - (частоти коливань, періодичності) частин системи.

В другу групу входять закони:

збільшення ступеня ідеальності - у цьому напрямку йде

розвиток усіх систем;

нерівномірності розвитку частин (це, зокрема, є причиною виникнення технічних протиріч у системі);

переходу в над систему – вичерпавши можливості розвитку, система включається в над систему в якості однієї з частин, і подальший розвиток йде на новому рівні.

До третьої групи відноситься, наприклад:

закон переходу з макрорівня на мікрорівень - робочі органи системи розвиваються спочатку на макрорівні, а потім на мікрорівні (замість «залізок» робота здійснюється молекулами, атомами, іонами, електронами і т.д.).

Виявлення закономірностей розвитку технічних систем (об'єктів) може бути засноване на попереднім формулюванні вимог до них, що виражаються чотирма правилами [4]:

вимірності (закономірності повинні допускати можливість кількісної перевірки об'єктів);

вийнатка (до закономірностей відносять такі, виключення яких дозволяє знайти інші шляхи розвитку чи техніки зупиняє його);

спільності (до нього відносять закономірності, що діють протягом всієї історії розвитку техніки і по відношенню майже до будь якого технічного об'єкту);

виводимості (входять закономірності, що не можуть бути виведені логічно з інших).

У результаті такого підходу були виявлені наступні принципи (закономірності).

1. Надмірності технічних рішень: у будь-який час для реалізації будь-якої функції число створених технічних рішень нарівні винаходів, креслень, макетів, моделей і досвідчених зразків завжди більше числа серійно реалізованих.

2. Відповідності між функціями і технічними рішеннями: кожна функція з безлічі всіх наявних і деяких технічних рішень виділяє визначену підмножину, що реалізує цю функцію.

3. Що до самостійного існування функцій і технічних рішень: функції більш довговічні, чим технічні рішення об'єктів, що виконують ці функції.

4. Переходу через «межу»: кожен технічний об'єкт із постійною функцією еволюціонує в напрямку покращення своїх основних показників наступними найбільш ймовірними шляхами (циклами):

а) незмінний принцип дії і конструкції поліпшує параметри технічного об'єкта до наближення до глобального екстремуму по параметрах;

б) у циклі «а» відбувається перехід на більш раціональну конструкцію, після чого розвиток йде з новою «а» (цикли «а» і «б» повторюються до наближення до глобального екстремуму по конструкціях);

в) у циклі «б» відбувається перехід на більш раціональний принцип дії, після чого розвиток йде як по циклі «а» «б» (цикли «а», «б», «в» повторюються до наближення до глобального екстремуму по принципах дії).

5. Початку конструктивної еволюції: будь-яка технічна система є ланкою еволюційного ланцюга конструктивних змін, у якій винаходу першого технічного рішення обов'язково передумовлювало появу (винахід) нової функції.

6. Переваги: при переході на нові принципи чи дії при винаході нових функцій і відповідно розробки нових технічних об'єктів імовірність використання конкретних фізичних ефектів тим вище, ніж пізніше вони були відкриті.

7. Переносу рішень: нові раціональні принципи дії і конструкції, апробовані в одних технічних об'єктах переносять в інші технічні об'єкти за умови істотного збігу їхніх функцій чи функцій їх елементів.

8. Пропорційності між важливістю функцій і витратами: чим важливіше функція для суспільства, тим більше витрати на удосконалювання технічного об'єкта для виконання цих функцій і тим вище темпи конструктивної еволюції.

9. Інерції виробництва: число технічних об'єктів, що випускаються серійно, збільшується від нуля по висхідній кривій, спочатку з відставанням від попиту, потім крива досягає максимуму, при якому настає надвиробництво, після чого виробництво знижується до стабілізованого чи рівня до нуля у випадку появи кращого технічного об'єкта для виконання даної функції.

10. Механізації й автоматизації: у будь-якім "дереві" конструктивної еволюції, що починається від конкретної функції, має місце послідовна поява технічних об'єктів, що зменшують ступінь участі людини у виконанні цієї функції.

Зазначена класифікація закономірностей розвитку технічних систем [7, 18] є однією з перших спроб наукового вивчення діалектики технічних об'єктів. Безумовно, що в майбутньому дослідників чекають нові відкриття, що стосуються особливостей і законів розвитку техніки, що необхідні для планування творчої діяльності і прогнозування її результатів.

Закони розвитку технічних систем, на яких базуються всі основні механізми розв'язування винахідницьких задач, вперше сформульовані Г.С. Альтшуллером [2] і далі ним розширені в [10, 9]. Докладні тлумачення цих законів приведені в [6, 7, 8, 10].

Дотепер відкрито вже одинадцять законів розвитку технічних систем:

- 1) повноти частин системи;
- 2) енергетичної провідності системи;
- 3) узгодження ритміки системи;
- 4) етапності розвитку ТС і перехід в надсистему;
- 5) витискання людини із ТС;
- 6) нерівномірності розвитку частин системи;
- 7) збільшення ступеня ідеальності системи;
- 8) розгортання - згортання ТС;
- 9) збільшення ступеня динамічності та керованості системи;
- 10) переходу з макрорівня на мікрорівень;
- 11) узгодження - розузгодження ТС.

Закони розвитку ТС діалектичні і інколи навіть суперечать один одному. Не можна забувати і про фактор випадковості подій, що сприяють розвитку системи. Однак у більшості випадків ці закони мають місце. Знання і використання їх на практиці допоможе спеціалістам у більш короткий термін, а головне правильно і у відповідності з напрямками і тенденціями розвитку системи розв'язувати широке коло виробничих і економічних задач.

Закони розвитку ТС також незвичайні, але, мабуть, ще більш

незвичайні ті подальші наслідки, до яких неминуче приводять відкриття і вивчення цих законів. Якщо життя ТС підлегле законам, то з моменту появи нової системи можна скласти план її розвитку, заздалегідь визначивши, які закони належить пройти системі і які завдання виникнуть на тому чи іншому етапі. Так, для зрілої системи типові конфлікти з навколишнім середовищем. Чому б не врахувати це раніше? В 20-і роки минулого століття ніхто не думав, що швидке зростання числа автомобілів і збільшення потужності їх двигунів приведе до забруднення атмосфери в містах. Сьогодні доводиться вирішувати невідкладні завдання, а можна було б розв'язувати їх півстоліття тому.

Аналогічна ситуація складається з лазерною технікою. Сьогодні вона молода, квантові генератори порівняно мало чисельні і слабкі. Але квантова оптика знаходить все нове і нове застосування, потужність генераторів швидко зростає. Між іншим, при великій потужності лазерний промінь викликає хімічні реакції в повітрі, виникають шкідливі сполуки. Це означає, що вже сьогодні необхідно передбачити, ставити і розв'язувати завдання для попередження практично поки що не помітного лазерного забруднення атмосфери.

Закінчуючи розгляд законів розвитку ТС, слід зазначити, що використовуючи ці закони, можна побудувати програму вирішення винахідницьких задач і без блукання пошуковим полем вийти в район розв'язку, тобто скоротити число варіантів. Однак для цієї мети вони не дуже зручні - занадто загальні та громіздкі. На основі цих законів для розв'язання винахідницьких задач розроблений свій інструментарій та інформаційний фонди, які зручніші та ефективніші. Далі розглянемо теорію розв'язування винахідницьких задач (ТРВЗ), яка базується на законах розвитку технічних систем.

3.3 Основа ТРВЗ

Основою ТРВЗ є закони розвитку ТС, які доступні для пізнання і їх можна використовувати для свідомого - без ліку „пустих" спроб - розв'язування винахідницьких задач. ТРВЗ є інструментом

для тонких, сміливих, високоорганізованих розумових операцій і перетворює виробництво нових технічних ідей в точну науку.

Головним законом розвитку є прагнення до збільшення ступеня ідеальності, тобто до ідеальної технічної системи, коли системи немає, а функції її виконуються. Для підвищення ступеня ідеальності технічної системи звичайними шляхами шукають оптимальні компроміси, за рахунок допустимого погіршення одного показника поліпшують інший.

У ТРВЗ процес розв'язування винахідницьких задач розглядається як виявлення, аналіз і усунення технічної суперечності без компромісів, тобто поліпшення одного показника відбувається без погіршення іншого.

Винахідницькі задачі часто плутають із задачами технічними, інженерними, конструкторськими. Виготовити машину, пристрій, маючи готові креслення і розрахунки - задача технічна.

Розрахувати звичайний міст, користуючись готовими формулами, - задача інженерна. Спроекувати зручний і дешевий верстатний пристрій, знайшовши компроміс між „зручно" і „дешево" - задача конструкторська.

При розв'язанні цих задач не доводиться переборювати суперечності. Задача стає винахідницькою тільки у тому випадку, якщо для її вирішення необхідно перебороти суперечність [2, 18].

Звідси виникає новий підхід до поняття винаходу: *винахід є засіб (і форма) усунення суперечності в технічній системі*, а методи створювання винаходів - це, по суті, методи вияву і усунення технічних суперечностей.

Отже, *творчими слід вважати рішення, які розв'язують суперечності, а компромісні рішення, що лише зменшують суперечності, не переборюючи їх, до творчих не належать* [10]. Незважаючи на деяку умовність такого твердження, воно увело визначеність у подальший розвиток методики винахідництва.

3.4 Інформаційний фонд ТРВЗ

Велику цінність має інформаційний фонд ТРВЗ, який включає задачі-аналоги, типові прийоми усунення суперечностей, банки фізичних, хімічних і геометричних ефектів, репольний аналіз. Цей інформаційний фонд складає інструментарій ТРВЗ і кожна його складова може застосовуватись окремо й в сполучі з іншими складовими. Інформаційний фонд виявлявся й розвивався на основі вивчення великих масивів патентної інформації. Кожне нововведення проходить ретельну перевірку та коректування на патентних та історико - технічних матеріалах. В цьому значенні ТРВЗ є узагальненням сильних сторін творчого досвіду багатьох поколінь винахідників: відбираються та досліджуються сильні рішення, критично вивчаються рішення слабкі та помилкові.

Особливий розділ ТРВЗ - курс розвитку творчого уявлення (РТУ), в якому, переважно, на нетехнічних прийомах відпрацьовується вміння застосовувати оператори ТРВЗ. Курс РТУ розхищує звичні уяви про об'єкти, ламає жорсткі стереотипи й базується на законах логічного та евристичного мислення.

Добрими вправами, які допомагають звільнитися від неочевидних обмежень і бар'єрів у власній свідомості є [6, 29]:

- оператор РЧВ (Розмір, Час, Вартість) або оператор числової осі, котрий дозволяє виконувати розумові експерименти по збільшенню і зменшенню розмірів системи у десятки, сотні, тисячі разів, у прискоренні або уповільненні її роботи при температурі киплячої сталі, на поверхні сонця, у космосі, при температурі абсолютного нуля, при надвисокому тиску, якщо системою буде керувати не людина, а... і т.д., що дозволяє змінити чітке уявлення про систему і побачити її ніби у тумані - м'якою, нечіткою, змінюваною;

- розв'язання типово винахідницьких задач на нетехнічному фантастичному матеріалі за допомогою апарата ТРВЗ;

- вивчення, оцінка і самостійне придумування науково-фантастичних ідей, сюжетів, розповідей;

- оцінка науково-фантастичних творів за спеціальною шкалою, яка включає 5 головних показників: новизну, переконливість,

людську цінність, художню цінність, суб'єктивну оцінку, яка ви- ставляється читачем із власного інтуїтивного відчуття, що стиму- лює фантазію, вдумливе читання і сприяє розвитку системного аналітичного мислення.

Основними робочими інструментами удосконалення та створен- ня нових технічних систем в ТРВЗ служать алгоритм розв'язування винахідницьких задач (АРВЗ) і система винахідни- цьких стандартів.

Система винахідницьких стандартів дозволяє розв'язувати 10...20 % сучасних, хоча й складних, але типових задач за чіткими правилами в один-два ходи. Такі правила, що ґрунтуються на відо- мих законах розвитку технічних систем, називаються стан- дартами на розв'язання винахідницьких задач.

Поряд з типовими задачами, що розв'язуються за чіткими правилами в один хід, існують задачі нетипові, багатоходові, котрі розв'язуються за спеціальною програмою, яка називається ал- горитмом розв'язання винахідницьких задач.

АРВЗ виник і розвивався одночасно з ТРВЗ. Різні модифіка- ції АРВЗ були надруковані в 1959, 1961, 1964, 1965, 1971, 1977, 1982 і 1985 роках. В нинішній час в ТРВЗ використовується мо- дифікація АРВЗ-85-В.

Як що стисло, то розв'язування задач по АРВЗ йде за такою схемою: за чіткими правилами коректують початкове формулю- вання завдання, будують модель задачі, визначають наявні речо- винно-польові ресурси (РПР), складають ідеальний кінцевий ре- зультат (ІКР), виявляють та аналізують технічні й фізичні суперечності, застосовують до задачі оператори незвичайних і сміливих перетворень, спеціальними прийомами гасять психоло- гічну інерцію та формують уявлення. При цьому використовую- ють інформаційний фонд, який упорядкований і постійно попов- нюється. І так крок за кроком просуваються до відповіді високого рівня.

Завдяки такому підходу важка задача не першого рівня пе- ретворюється на легку задачу першого рівня, хоч для суспільства вона як і раніше залишається важкою задачею не першого рівня.

Це можливо зробити при використуванні методики «алгоритма рішення винахідницьких задач», яку ми розглянемо у наступному підрозділі.

3.5 Алгоритм рішення винахідницьких задач

Однієї з науково обґрунтованих і добре зарекомендувавши себе в практиці масової технічної творчості є методика програмного рішення технічних задач, створена винахідником і письменником Г.С. Альтшуллером. Він назвав її алгоритмом рішення винахідницьких задач (АРВЗ) [9, 17, 28].

АРВЗ – науковий приклад застосування матеріалістичної діалектики і системного підходу до процесу технічної творчості. Методика заснована на навчанні про протиріччя. Алгоритм це комплекс послідовно виконуваних дій (кроків, етапів), спрямованих на рішення винахідницької задачі (поняття "алгоритм" використовується тут не в строгому математичному, а більш широкому змісті). Процес рішення розглядається як послідовність операцій по виявленню, уточненню і подоланню технічного протиріччя. Послідовність, спрямованість і активізація мислення досягаються при цьому орієнтування на ідеальний кінцевий результат (ІКР), тобто ідеальне рішення, спосіб, пристрой.

Удосконалений технічний об'єкт розглядається як цілісна система, що складається з підсистем, з взаємозалежних елементів, і одночасно є частиною надсистеми, що складається з взаємозалежних систем. Перед рішенням прямої задачі, зв'язаної з технічним об'єктом, роблять пошук задач у над системі (обхідні задачі) і вибирають більш прийнятний шлях.

При постановці задачі в АРВЗ враховується той факт, що джерелом психологічної інерції служать технічна термінологія і просторові часові представлення об'єкта. Тому рекомендують формулювати небажаний ефект чи головні труднощі якої-небудь ситуації, а не вимоги того, що треба зробити.

Дія психологічної інерції зменшуються також застосуванням оператора РЧВ (розмір-час-вартість), суть котрого складається в про-

веденні серії уявних експериментів по зміні розмірів об'єкта від заданої сталої до нуля і потім до нескінченності, часу дії (швидкості) об'єкта від заданого до нуля і потім до нескінченності і вартості об'єкта від заданої до нуля і до нескінченності. Формулювання умов задачі дається за визначеною схемою в термінах, доступних не спеціалісту.

Стратегія рішення винахідницької задачі по АРВЗ полягає в наступному. Формулюють вихідну задачу (ЗІ) у загальному виді. Обробляють і уточнюють її, з огляду на дію вектора психологічної інерції (ВІ) і технічні рішення в даній і іншій областях.

Викладають умови задачі, що складаються з перерахування елементів технічної системи і небажаного ефекту, виробленого одним з елементів (оброблена задача. Потім формулюють за визначеною схемою ІКР. Він служить орієнтиром (маяком), у напрямку якого йде процес рішення задачі (при формулюванні ІКР не потрібно задумуватися над тим, як він буде досягнутий). У порівнянні ІКР і з реальним технічним об'єктом виявляється технічне протиріччя, а потім його причина фізичне протиріччя (протиріччя між ІКР і ЗО може бути проілюстровано відстанню між ними на площині пошукового поля).

Поняття про технічне протиріччя засноване на тому, що всяка технічна система, чи машина, процес характеризується комплексом взаємозалежних параметрів: вага, потужність і т.д. Спроба поліпшити один параметр при рішенні задачі відомими способами неминує приводить до погіршення якого-небудь іншого параметра. Так збільшення міцності конструкції може бути зв'язане з неприпустимим збільшенням ваги, збільшення продуктивності з неприпустимим погіршенням якості, підвищення точності з неприпустимим збільшенням витрат і т.д..

Зміст АРВЗ полягає в тому, щоб шляхом порівняння ідеального і реального виявити технічне протиріччя, чи його причину – фізичне протиріччя – і усунути їх, перебравши відносно невелике число варіантів.

При розробці АРВЗ, після аналізу 40 тисяч винаходів, було встановлено, що в них переборено близько 1200 протиріч із застосуванням, в основному, 40 типових прийомів. Виходить, що визна-

чений тип протиріч усувається визначеним невеликим числом "своїх" прийомів.

Це дозволило скласти таблицю прийомів подолання технічного протиріччя [17]. По її вертикалі розташовані параметри, які необхідно поліпшити, а по горизонталі параметри, що не припустимо погіршуються, якщо вирішувати задачу відомими шляхами. При цьому перетинання рядка (параметра, що поліпшується,) зі стовпцем (погіршення параметра) дає сполучення, що може бути усунуте за допомогою прийомів, зазначених у відповідному осередку таблиці.

Фонд типових прийомів усунення технічного протиріччя і фонд фізичних ефектів і явищ є тим могутнім і інформаційним апаратом, що значно збільшує швидкість і імовірність успішного рішення задачі і підвищує його рівень.

Питання до самоконтролю:

- 1. Дайте визначення що таке технічна система.*
- 2. Назвіть основні ознаки технічної системи.*
- 3. Приведіть аналіз особливостей «життєвих кривих» технічних систем. Приведіть приклади.*
- 4. Назвіть основні закономірності розвитку технічних систем.*
- 5. Які три групи законів розвитку систем відомі Вам?*
- 6. Назвіть закони розвитку технічних систем.*
- 7. Дайте визначення теоретичній основі ТРВЗ.*
- 8. З чого складається основний інформаційний фонд ТРВЗ.*
- 9. Дайте визначення, що таке АРВЗ?*
- 10. Надайте перелік дій при рішенні винахідницьких задач за допомогою АРВЗ. Приведіть приклади.*

4 ПРИЙОМИ УСУНЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СУПЕРЕЧНОСТЕЙ

4.1 Система прийомів

Робота по складанню списку прийомів була започаткована на ранніх етапах становлення ТРВЗ. Для складання 40 прийомів (а з підприйомами - 88) довелося переглянути масив патентної інформації в 400 тисяч одиниць винаходів і відібрати 40 тисяч сильних рішень не нижче третього рівня, які потім піддавались ретельному аналізу.

Таким чином, винахідницькі прийоми узагальнюють досвід усунення технічних суперечностей, нагромаджений у світовому патентному фонді.

Багато прийомів містять під прийоми, які нерідко утворюють ланцюг, де кожний наступний під прийом розвиває попередній.

Далі по тексту посібника на сторінках з 74 до 91 наведені прийоми усунення технічних суперечностей [3, 6, 17, 25, 28].

Набір прийомів подібно до набору інструментів утворює систему, цінність якої вища арифметичної суми цінностей, які складають набір інструментів. Причому ця система є багатоповерховою, в якій на першому поверсі розміщені прості елементарні прийоми, на другому - парні прийоми, на третьому - комплексні прийоми, а на четвертому поверсі розміщений фонд стандартів вирішення винахідницьких задач.

Розглянемо кожен поверх прийомів.

4.1.1 Перший поверх - елементарні прийоми

На першому поверсі розміщені елементарні прийоми (дроблення, об'єднання, принцип місцевої якості, принцип асиметрії та інші). Сам по собі кожний із цих прийомів слабкий, причому вони найбільш давні й спрямовані на спеціалізацію об'єктів. Наприклад, прийом 1: принцип дроблення пропонує поділити об'єкт на незалежні частини, виконати об'єкт розбірним, збільшити ступінь поділу об'єкта: вантажне судно поділене на однотипні секції, при необхідності корабель можна зробити довшим чи коротшим. Або прийом 5 - принцип об'єднання говорить, що потрібно

об'єднати в часі однорідні або суміжні операції та ін.

Прийоми першого поверху ніяк не орієнтовані в напрямку технічного прогресу. Чи прогресивно, наприклад, збільшувати асиметрію (прийом 4), чи прогресивніше збільшувати симетрію (прийом 14 - принцип сферичності)? Іноді краще одне, іноді -інше, і нічого більш визначеного сказати не можна.

Але прийоми першого поверху слід використовувати, якщо вони допомагають вирішувати задачу. Проте кращі результати вони дають в поєднанні з іншими прийомами.

4.1.2 Другий поверх - парні прийоми

У глибині технічних суперечностей заховані фізичні суперечності. По самій своїй суті ФСП висовують подвійні вимоги до об'єкту: бути одночасно рухомим і нерухомим, гарячим і холодним і т.д. Тому вивчення прийомів усунення ФСП привело до висновку: повинні існувати парні (подвійні) прийоми, сильніші, ніж одинарні.

На другому поверсі розташовуються сильніші парні прийоми (типу „прийом-антиприйом“). Наприклад, по прийому 1 корабель поділений на блоки, але ефективний і прийом 5 - принцип об'єднання, оскільки блоки об'єднані в корпус корабля. Ефект досягнутий використанням двох прийомів: прямого і оберненого.

Або принцип місцевої якості, тобто неоднорідності (прийом 3) утворює пару з принципом однорідності (прийом 33) та ін.

Деякі прийоми самі утворюють пари „прийом-антиприйом“. Наприклад, принцип антиваги (прийом 8) рекомендує компенсувати вагу об'єкта поєднанням з іншими об'єктами, які володіють підйомною силою, а принцип відкидання і регенерації частин (прийом 34) рекомендує відкинути частину об'єкта, яка стала зайвою, або відновити в ході роботи частини об'єкта, які витрачаються, і т.д.

Принцип попередньої дії (прийом 10) рекомендує наперед розташувати об'єкти так, щоб вони могли вступити у дію без затрат часу на доставку їх із найбільш зручного місця (під прийом 10.2).

Сильні прийоми направлені на наближення об'єкта до ідеальної машини, ідеального способу або ідеальної речовини. В усіх прийомах реалізовані принципово нові (протилежні) підходи (прийом 13 - принцип „навиворіт" і прийом 22 - „обернути шкоду на користь"), використовуються фізичні ефекти (прийом 28 - зміна механічної системи і прийом 36 - зміна агрегатного стану об'єкта), наближення до ідеального способу (прийом 20 - принципі безперервної корисної дії, який сильніший прийому 19 - принципу періодичної дії).

Прийом 9 (попередньої антидії) сильніший „спорідненої прийому 10 (попередньої дії), тому що включає дві операції: бити заздалегідь (прийом 10) і зробити навпаки (прийом 13).

Подвійні прийоми краще пристосовані для усунення суперечностей, ніж одинарні, тому що ведуть до більш радикальних перетворень об'єкту і тому сильніші одинарних прийомів.

Отже, сильні прийоми:

- пропонують корінні зміни об'єкта;
- направлені на наближення об'єкта до ідеальної машини;
- є синтезом кількох дій.

Всім цим вимогам одночасно відповідає під прийом 28.4: використання феромагнітного порошку і магнітного поля.

4.1.3Третій поверх-комплексні прийоми

Тут розміщені сполучення елементарних і парних прийомів з іншими прийомами і фізичними ефектами, тобто складні прийоми. Такі комплексні прийоми потрібні для розв'язування складних задач

На третьому поверсі утворюється чітка направленість: чим комплекс прийомів складніший, тим виразніше він направлений по лінії розвитку технічних систем. Збільшення ступеня чутливості, перехід від нерепольних систем до репольних, перетворення репольних систем в фепольні - це тенденції розвитку технічних систем, причому головні [3].

Слід зазначити, що у відповідності до закону переходу робо-

чих органів з макрорівня на мікрорівень (див.п. 5.4.2), кожний прийом також можна використовувати на макрорівні та мікрорівнях.

4.2 Таблиця використання прийомів

Одночасно з виявленням прийомів склалися і поступово удосконалювалися таблиці використання прийомів для усунення типових технічних суперечностей. Кількість показників і параметрів., які використовуються в різних галузях техніки, велика. Взагалі, число можливих суперечностей між ними дуже велике. Однак аналіз великого патентного фонду показав, що винахідники, незалежно від галузі техніки, намагаються поліпшити порівняно невелику кількість типових параметрів (наприклад, масагабаритні, чи енергетичні показники, надійність, продуктивність та ін.).

Було виділено 39 таких типових параметрів. Відповідно кількість типових технічних суперечностей між ними дорівнює $39 \times 38 = 1482$. Реально зустрічається 1250 типових суперечностей, тому що інші не мають значення. Кожна типова суперечність - це певний тип задачі, до якого відноситься безліч найрізноманітніших конкретних задач з далеких галузей техніки. Існуючі 1250 типів задач охоплюють майже всю техніку. До одного або декількох з них можна віднести і кожен заново поставлену задачу практично в будь-якій галузі техніки.

Тому всі 1250 типів задач можна звести у таблицю, у рядках якої вказуються 39 параметрів, котрі необхідно змінити за умовами задачі (збільшити, зменшити, поліпшити і т.д.), а у колонках указуються 39 параметрів, які недопустимо погіршуються, якщо розв'язувати задачу відомими способами. На перетині рядків і колонок таблиці указані порядкові номери прийомів, використання котрих дозволяє знайти ідею розв'язання задачі. Таблиця наведена у додатку **A1**.

Таблиця приваблює автоматизмом, тому що не треба міркувати, взяв вихідні дані й зразу одержав майже готову відповідь.

Проте таблиця не призначена для „сирих“ задач. Вона є частиною АРВЗ і повинна використовуватися разом з іншими механізмами розв’язування задач, наприклад, з репольним аналізом, як це було зроблено в наступних задачах.

Список прийомів з таблицею - один із ранніх інструментів ТРВЗ, і в свій час вважалося, що подальший розвиток теорії піде шляхом збільшення кількості прийомів та уточнення таблиці їх використання. Однак вияснилося, що складні винахідницькі задачі розв’язуються застосуванням сполучень прийомів або сполучень прийомів з фізичними, хімічними, геометричними та іншими ефектами. Тому в подальшому увагу було зосереджено на вивченні складних комплексних прийомів - виникла система стандартів, фонд фізичних та інших ефектів і явищ, алгоритм розв’язування винахідницьких задач (АРВЗ). Але і сьогодні прийоми є азбукою винахідника, залишаючись достатньо ефективним інструментом [6].

Набір прийомів, подібно до набору інструментів, утворює систему, цінність якої вища від арифметичної суми цінностей, які складають набір інструментів. Але й самі по собі окремі прийоми дають в деяких випадках відмінні результати. Розглянемо 40 основних прийомів усунення технічних суперечностей.

4.2.1 Принцип дроблення

- 1.1. Розділити об’єкт на незалежні частини.
- 1.2. Виконати об’єкт розбірним.
- 1.3. Збільшити ступінь дроблення об’єкта.

Приклад. Вантажний корабель розділено на однотипні секції. При необхідності корабель можна зробити довшим або коротшим.

4.2.2 Принцип винесення

Відділити від об’єкта частину (властивість), „яка заважає“, або навпаки, виділити лише одну частину, або потрібну властивість.

На відмінну від попереднього способу, в якому мова йшла про ділення об’єкта на однакові частини, тут рекомендується ділити об’єкт на різні частини.

Приклад. Як правило, на малих суднах і катерах електричний струм для освітлення і інших потреб виробляється генератором, який працює від гребного двигуна. Для одержання електричного струму на стоянці приходиться встановлювати допоміжний електрогенератор з приводом від двигуна внутрішнього згорання. Двигун, природно, створює шум і вібрацію. Запропоновано розмістити двигун і генератор в окремій капсулі, розміщеній на деякій відстані від катера і з'єднаний з ним кабелем.

4.2.3 Принцип місцевої якості

4.2.3.1 Перейти від однорідної структури об'єкта або зовнішнього середовища (зовнішнього впливу) до неоднорідної.;

4.2.3.2 Різні частини об'єкта повинні виконувати різні функції.

4.2.3.3 Кожна частина об'єкта повинна знаходитися в умовах, най більш сприятливих для роботи.

Приклад. Для боротьби з пилом в гірничих виробітках на інструменти, (робочі органи бурових і вантажних машин) подають воду у вигляді конуса дрібних крапель. Чим дрібніші краплини, тим краще йде боротьба з пилом, однак дрібні краплини легко утворюють туман, що утруднює роботу. Вирішення: біля конуса дрібних краплин утворюють шар із великих краплин.

4.2.4 Принцип асиметрії

4.1. Перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної.

4.2. Якщо об'єкт вже асиметричний, збільшити ступінь асиметрії.

Приклад. Протидударна автомобільна шина має одну боковину підвищеної міцності для кращого опору ударам в бордюрний камінь тротуару.

4.2.5 Принцип об'єднання

Об'єднати в часі однорідні або суміжні операції.

Приклад. Подвоєний мікроскоп тандем. Роботу з маніпулятором виконує одна людина, а спостереженнями і записами в цілому зайнятий інший.

4.2.6 Принцип універсальності

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

Приклад. Ручка для портфеля одночасно служить еспандером (а.с.187964).

4.2.7 Принцип матрешки

4.2.7.1 Один об'єкт розміщений всередині другого, який, в свою чергу, знаходиться всередині третього і т.д.

4.2.7.2 Один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті.

Приклад. Ультразвуковий концентратор пружних коливань, який складається із зчіплених між собою напівхвильових відрізків, відрізняється тим, що для зменшення довжини концентратора і збільшення його стійкості напівхвильові відрізки виконані у вигляді порожнистих конусів, встановлених один в один (а.с.186781). В а.с.462315 абсолютно таке ж вирішення використано для зменшення габаритних розмірів вихідної секції трансформаторного п'єзоелемента. В пристрої для волочіння металу за а.с.304027 «матрешка» складена із конусних волокон.

4.2.8 Принцип антиваги

4.2.8.1 Компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншим об'єктом, який володіє підйомною силою.

4.2.8.2 Компенсувати вагу об'єкта взаємодією з середовищем (принаймні за рахунок аеро- і гідродинамічних сил).

Приклад. Відцентровий регулятор числа обертів роторного повітродви-гуна, встановлений по вертикальній осі ротора, відрізняється тим, що для підтримки швидкості обертання ротора в малому інтервалі числа обертів при великому збільшенні потужності вантажі регулятора виконані у вигляді лопаті, яка забезпечує аеродинамічне гальмування (а. с. 167784).

Цікаво відмітити, що в формулі винаходу чітко відображена суперечність, яка усунута винаходом. При заданій силі вітру і заданій масі вантажів отримується певне число обертів. Щоб його зменшити (при зростаючій силі вітру), потрібно збільшити масу вантажів. Але вантажі обертаються, до них важко підібратися. Су-

перечність усунено тим, що вантажам надана форма, яка утворює аеродинамічне гальмування, тобто вантажі виконані у вигляді крила з від'ємним кутом атаки. Загальна ідея очевидна: якщо потрібно змінювати масу рухомого тіла (а масу змінювати не можна згідно з певними міркуваннями), то тілу необхідно надати форму крила і, змінюючи нахил крила до напрямку руху, отримували додаткову силу, яка направлена в потрібний бік.

4.2.9 Принцип попередньої анти дії

Якщо за умовами задачі необхідно виконати якусь дію, потрібно заздалегідь виконати антидію.

Приклад. Спосіб різання чашковим різцем, який обертається навколо своєї геометричної осі в процесі різання, відрізняється тим, що для запобігання виникненню вібрації чашковий різець попередньо навантажують зусиллями, близькими за величиною і направленими протилежно зусиллям, які виникають в процесі різання (а. с. 536866).

4.2.10 Принцип попередньої дії

4.2.10.1 Заздалегідь виконати необхідну дію (повністю або хоча б частково).

4.2.10.2 Заздалегідь розмістити об'єкти так, щоб вони могли вступати

в дію без затрат часу на доставку і з найбільш зручного місця.

Приклад. Щоб швидко визначити фірму, яка випустила вибухівку, у США запропонували використовувати мітки із феромагнітних матеріалів. Склад міток відрізняється за температурою досягнення точки Кюрі. Тепер після вибуху легко можна визначити, звідки взята вибухівка.

4.2.11 Принцип „заздалегідь запропонованої подушки”

Компенсувати відносно невисоку надійність об'єкта заздалегідь підготовленими аварійними засобами.

Приклад. Спосіб обробки неорганічних матеріалів, наприклад, скловолокон, шляхом дії плазмового струменя відрізняється тим, що для збільшення механічної міцності на неорганічні матеріали попередньо наносять розчин або розплав солей лужних або лужноземельних металів (а.с.522150). Заздалегідь наносять речовини, які заліковують мікро тріщини. Згідно з а.с.456594 на гілку дерева (до зрізання) ставлять кільце, яке стискає гілку. Дерево, почувавши „біль” направляє до

цього місця живильні лікувальні речовини. Таким чином, ці речовини накопичуються до зрізання гілки, що сприяє швидкому заживленню після зрізання.

4.2.12 Принцип еквіпотенційності

Змінити умови праці так, щоб не приходилось піднімати чи опускати об'єкт.

Приклад. Запропоновано пристрій, який виключає необхідність піднімання і опускання важкої прес-форми. Пристрій виконано у вигляді прикріпленої до столу преса приставки з рольгангом (а. с. 264679).

4.2.13 Принцип „навпаки”

4.2.13.1 Замість дії, яка диктується умовами задачі, виконати обернену дію.

4.2.13.2 Зробити рухому частину об'єкта із зовнішнього середовища нерухомою, а нерухому - рухомою.

Перевернути об'єкт „догори ногами”, вивернути його.

Приклад. При розгляді задачі про фільтр для уловлення пилу використовувалось а. с. 156133: фільтр виготовлений із магнітів, між якими розміщений феромагнітний порошок. Через сім років з'явилося а. с. 319325: електромагнітний фільтр для механічного очищення рідин і газів, який має джерело магнітного поля і фільтрувальний елемент із зернистого магнітного матеріалу, відрізняється тим, що для зниження питомої витрати електроенергії і збільшення продуктивності фільтруючий елемент розміщений навколо джерела магнітного поля і утворює зовнішній замкнутий магнітний контур.

4.2.14 Принцип сферичності

4.2.14.1 Перейти від прямолінійних частин до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних, від частин, виконаних у вигляді куба або паралелепіпеда, до кулькових конструкцій.

4.2.14.2 Використовувати ролики, кульки, спіралі.

4.2.14.3 Перейти від прямолінійного руху до обертового, використовувати відцентрову силу.

Приклад. Пристрій для зварювання труб у трубну решітку має електроди у вигляді кульок, що перекочуються.

4.2.15 Принцип динамічності

4.2.15.1 Характеристики об'єкта (або зовнішнього середовища) повинні змінюватися так, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи.

4.2.15.2 Розділити об'єкт на частини, що здатні переміщуватися одна відносно іншої.

4.2.15.3 Якщо об'єкт в цілому нерухомий, зробити його рухомих, що переміщується.

Приклад. Спосіб автоматичного дугового зварювання стрічковим електродом відрізняється тим, що для широкого регулювання форми і розмірів зварної ванни електрод вигинають уздовж його твірної, надаючи йому криволінійної форми, яку міняють в процесі зварювання (а. с. 258400).

4.2.16 Принцип часткової або надмірної дії

Якщо важко одержати 100 % потрібного ефекту, необхідно отримати трохи менше або трохи більше. Задача при цьому може суттєво спроститися.

Приклад. Спосіб дугового різання металу, в якому для різання „з гарантією” дугу вмикають на повну (надмірну) потужність.

4.2.17 Принцип переходу в інші виміри

4.2.17.1 Труднощі, пов'язані з рухом (або з розміщенням) об'єкта по лінії, усуваються, якщо об'єкт набуває можливості переміщуватися в двох вимірах (тобто на площині). Відповідно задачі, зв'язані з рухом (або розташуванням) об'єктів в одній площині, розв'язуються при переході в простір трьох вимірів.

4.2.17.2 Використати багатоповерхову компоновку замість одноповерхової.

4.2.17.3 Нахилити об'єкт або покласти його на бік.

4.2.17.4 Використати зворотну сторону даної площі.

4.2.17.5 Використати оптичні потоки, які падають на сусідню площу або на зворотну сторону наявної.

Прийом 4.2.17.1 можна об'єднати з прийомами 4.2.7 і 4.2.15.3.

Отримується ланцюг, який характеризує загальну тенденцію розвитку технічних систем. Від точки до лінії, потім до площини, потім до об'єму і, нарешті, до сполучення багатьох об'єктів.

Приклад. Спосіб збереження зимового запасу колод на воді шляхом установки їх на акваторії рейду відрізняється тим, що для збільшення питомої ємкості акваторії і зменшення об'єму промерзлої деревини колоди формують в пучки, ширина і висота яких в попередньому перерізі перевищує довжину колод, після чого сформовані пучки встановлюють у вертикальному положенні (а. с. 236318).

4.2.18 Використання механічних коливань

4.2.18.1 Привести об'єкт в коливальний рух.

4.2.18.2 Якщо такий рух вже здійснюється, збільшити його частоту (аж до ультразвукової).

4.2.18.3 Використати резонансну частоту.

4.2.18.4 Застосувати замість механічних вібраторів п'єзовібратори.

4.2.18.5 Використати ультразвукові коливання у поєднанні з електромагнітними полями.

Приклад. Спосіб без тирсового різання деревини відрізняється тим, що для зменшення зусилля та впровадження інструмента в деревину різання здійснюють інструментом, частота пульсації якого близька власній частоті коливань перерізуваної деревини (а. с. 301986).

4.2.19 Принцип періодичної дії

4.2.19.1 Перейти від неперервної дії до періодичної (імпульсної).

4.2.19.2 Якщо дія вже здійснюється періодично, змінити періодичність.

4.2.19.3 Використати паузи між імпульсами другої дії.

Приклад. Спосіб автоматичного керування термічним циклом контактного крапкового зварювання, переважно деталей малих товщин, який базується на вимірах термічної електрорушійної сили, відрізняється тим, що для підвищення точності керування при зварюванні імпульсами підвищеної частоти виміряють термічну електрорушійну силу в паузах між імпульсами зварного струму (а. с. 336120).

4.2.20 Принцип неперервності корисної дії

4.2.20.1 Вести роботу безперервно (всі частини об'єкта повинні весь час працювати з повним навантаженням).

4.2.20.2 Встановити холості і проміжні ходи.

Приклад. Спосіб обробки отворів у вигляді двох перехрещених циліндрів, наприклад, гнізд сепараторів підшипників, відрізняється тим, що для підвищення продуктивності обробки її здійснюють свердлом (зенкером), ріжучі кромки якого дозволяють виконувати різання як при прямому, так і при зворотному ході інструмента (а. с. 262582).

4.2.21 Принцип проскоку

Здійснювати процес, або окремі його етапи (наприклад, шкідливі або небезпечні) на великій швидкості.

Приклад. Тонкостінну пластмасову трубу великого діаметра розсікають ножем так швидко, що вона не встигає деформуватися (патент ФРН № 1134821).

4.2.22 Принцип „перетворити шкоду на користь”

4.2.22.1 Використати шкідливі фактори (зокрема шкідливу дію середовища) для одержання позитивного ефекту.

4.2.22.2. Усунути шкідливий фактор за рахунок сполучення з іншими шкідливими факторами.

4.2.22.3 Підсилити шкідливий фактор до такого рівня, щоб він перестав бути шкідливим.

Приклад. Спосіб відновлення сипучості змерзлих насипних матеріалів відрізняється тим, що для прискорення процесу відновлення сипучості матеріалів і зниження трудомісткості змерзлий матеріал піддають дії наднизьких температур (а. с. 409938).

4.2.23 Принцип зворотного зв'язку

4.2.23.1 Ввести зворотний зв'язок.

4.2.23.2 Якщо зворотний зв'язок є, змінити його.

Приклад. Спосіб автоматичного регулювання температурного режиму випалювання сульфідних матеріалів у киплячому шарі шляхом зміни потоку навантаженого матеріалу у функції температури відрізняється тим, що для підвищення динамічної точності підтримання заданого значення температури подачу матеріалу змінюють в залежності від зміни вмісту сірчаного газу у відхідних газах (а. с. 302382).

4.2.24 Принцип „посередника”

4.2.24.1 Використати проміжний об’єкт, який переносить або передає дію.

4.2.24.2 Тимчасово приєднати до об’єкта інший (який легко видаляється) об’єкт.

Приклад. Спосіб тарування приладів для вимірювання динамічних напруг в густих середовищах при статичному навантаженні зразка середовища із закладеним всередині нього приладом відрізняється тим, що для підвищення точності таруванням зразок навантажують через крихкий проміжний елемент (а. с. 354135).

4.2.25 Принцип самообслуговування

4.2.25.1 Об’єкт повинен сам себе обслуговувати, виконуючи допоміжні і ремонтні операції.

4.2.25.2 Використати відходи (енергії, речовини).

Приклад. В електрозварювальному пістолеті зварювальний дріт подає спеціальний пристрій. Запропоновано використовувати для подачі дроту соленоїд, який працює від зварювального струму.

4.2.26 Принцип копіювання

4.2.26.1 Замінити об’єкт або систему об’єктів їх оптичними копіями

(відображеннями). Використовувати при цьому зміни масштабу (збільшити або зменшити копії).

4.2.26.2 Якщо використовуються видимі оптичні копії, перейти до копій інфрачервоних або ультрафіолетових.

Приклад. Для дослідження теплових явищ в твердих, рідких і газоподібних середовищах використовують фотознімки нагрітого предмета або середовища, відзняті на негативну плівку, або пластини, чутливі до інфрачервоних променів (а. с. 947734).

4.2.27 „Дешева” недовговічність замість „дорогої” довговічності

Замінити дорогий об’єкт набором дешевих об’єктів, поступившись при цьому деякими якостями (наприклад довговічністю).

Приклад. Шприц-тюбик, призначений для одноразового використання (а. с. 169757).

4.2.28 Заміна механічної схеми

4.2.28.1 Замінити механічну схему оптичною, акустичною або „запаховою“.

4.2.28.2 Використовувати електричні, магнітні поля для взаємодії з об'єктом.

4.2.28.3 Перейти від нерухомих полів до рухомих, від фіксованих до змінних у часі, від не структурних до тих, що мають певну структуру.

4.2.28.4 Використовувати поля в поєднанні з феромагнітними частинами.

***Приклад.** Спосіб нанесення металевого покриття на термопластичні матеріали шляхом контакту з порошком металу, нагрітого до температури, яка перевищує температуру плавлення термопласту, відрізняється тим, що для підвищення міцності зчеплення покриття з основою і його щільності процес здійснюється в електромагнітному полі (а. с. 445712).*

4.2.29 Використання пневмо і гідроконструкцій

Замість твердих частин об'єкта використати газоподібні і рідкі частини: надувні і гідро наповнювані, повітряну подушку, гідростатичні і гідрореактивні середи.

***Приклад.** Для з'єднання гребного вала корабля зі маточиною гвинта у валі виконано паз, в якому розміщена еластична порожня ємкість (вузький „повітряний мішок“). Якщо в цю ємкість подати стиснуте повітря, вона роздується і притисне маточину до вала (а. с. 313741). Як правило, в таких випадках використовували металічний з'єднувальний елемент, але з'єднання з „повітряним мішком“ простіше виготовити: не потрібна точна підгонка спряжених поверхонь. Крім цього, таке з'єднання згладжує ударні навантаження. Цікаво порівняти цей винахід із опублікованим пізніше винаходом за а. с. 445611 На контейнер транспортування крихких виробів (наприклад, дренажних труб): в контейнері є надувна оболонка, яка притискує вироби і не дає їм битися при перевезенні. Різні галузі техніки, але задачі і розв'язки абсолютно ідентичні. Згідно з а. с. 249583 надувний елемент працює в захваті підйомного крана, відповідно до а. с. 409875 - притискує крихкі вироби в пристрої для розпилювання.*

Подібних винаходів дуже багато.

„Повітряний мішок”, який притискує одну деталь до іншої, - типовий реполь, в якому „мішок” грає роль механічного поля. Відповідно до загальних правил розвитку репольних систем слід чекати переходу до фенольної системи. Такий перехід дійсно відбувся: в а. с. 534351 запропоновано всередину „повітряного мішка” ввести феромагнітний порошок, а для підсилення притискання використати магнітне поле.

4.2.30 Використання гнучких оболонок і тонких плівок

4.2.30.1 Замість звичайних конструкцій використати гнучкі оболонки і тонкі плівки.

4.2.30.2 Ізолювати об’єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок.

Приклад. Спосіб формування газобетонних виробів шляхом заливання сировинної маси в форму і подальшого витримування відрізняється тим, що для підвищення ступеня набухання на залиту в форму сировинну масу укладають газонепроникну плівку (а. с. 339406).

4.2.31 Використання пористих матеріалів

4.2.31.1 Виконати об’єкт пористим або використати додаткові пористі елементи (вставки, покриття і т.д.).

4.2.31.2 Якщо об’єкт вже виконаний пористим, попередньо заповнити пори якою-небудь речовиною.

Приклад. Система випарювального охолодження електричних машин відрізняється тим, що для виключення необхідності підведення холодоагенту до машини активні частини і окремі конструктивні елементи виготовлені з пористих матеріалів, наприклад, пористих порошкових сталей, насичених рідким холодоагентом, який при роботі машини випаровується і таким чином забезпечує короткочасне інтенсивне і рівномірне її охолодження (а. с. 187135).

4.2.32 Принцип зміни забарвлення

4.2.32.1 Змінити забарвлення об’єкта або зовнішнього середовища.

4.2.32.2 Змінити ступінь прозорості об’єкта або зовнішнього се-

редовища.

4.2.32.3 Для нагляду за погано видимими об'єктами або процесами використати забарвлюючі добавки.

4.2.32.4 Якщо такі добавки вже використовувались, застосувати люмінофори.

Приклад. Патент США № 3425412: прозора пов'язка, яка дозволяє спостерігати рану, не знімаючи пов'язки.

4.2.33 Принцип однорідності

Об'єкти, які взаємодіють з даним об'єктом, повинні бути виготовлені із того ж матеріалу (або близького йому за властивостями).

Приклад. Спосіб одержання постійної ливарної форми методом лиття шляхом утворення в ній робочої порожнини згідно з еталонм відрізняється тим, що для компенсації усадки виробу, отриманого в цій формі, еталон, форму і виріб виготовляють із однакового матеріалу (а. с. 456679).

4.2.34 Принцип відкидання і регенерації частин

4.2.34.1 Частина об'єкта, яка виконала своє призначення або стала непотрібною, повинна бути відкинута (розчинена, випарена і т.д.) або видозмінена безпосередньо в ході роботи.

4.2.34.2 Витратні частини об'єкта повинні бути відновлені безпосередньо в ході роботи.

Приклад. Спосіб дослідження високотемпературних зон, переважно зварювальних процесів, при якому в зону дослідження вводять зонд-світловод, відрізняється тим, що для поліпшення можливості дослідження високотемпературних зон при дуговому і електрошлаковому зварюванні використовують плавкий зонд-світловод, який безперервно подають в досліджувану зону із швидкістю не меншою за швидкість його плавлення (а. с. 433397).

4.2.35 Зміна агрегатного стану об'єкта

Сюди входять не тільки прості переходи, наприклад, від твердого стану до рідкого, але і переходи до „псевдостановищ" („псевдорідина") і проміжних станів (наприклад, використання еластичних твердих тіл).

Приклад. Патент ФРН № 1291210: ділянку гальмування для посадочної смуги виконано у вигляді ванни, заповненої в'язкою рідиною,

на якій розміщений товстий шар еластичного матеріалу.

4.2.36 Застосування фазових переходів

Використати явища, які виникають при фазових переходах, наприклад, зміна об'єму, виділення або поглинання теплоти і т.д.

Приклад. Заглушка для герметизації трубопроводу і горловин з різною формою перерізу відрізняється тим, що для уніфікації і спрощення конструкції вона виконана у вигляді склянки, в яку заливається легкоплавкий металічний сплав, що розширюється при твердінні і забезпечує герметичність з'єднання (а. с. 319806).

4.2.37 Застосування теплового розширення

4.2.37.1 Використати теплове розширення (або стискання) матеріалів.

4.2.37.2 Застосувати декілька матеріалів з різними коефіцієнтами теплового розширення.

Приклад. В а. с. 463428 запропоновано дах парників виготовляти із шарнірно-закріплених пустотілих труб, всередині яких знаходиться рідина, що легко розширюється. При зміні температури змінюється центр ваги труб, завдяки чому труби самі піднімаються і опускаються. Можна використати і біметалеві пластини, закріплені на даху парника.

4.2.38 Застосування сильних окислювачів

4.2.38.1 Замінити звичайне повітря збагаченим.

4.2.38.2 Замінити збагачене повітря киснем.

4.2.38.3 Подіяти на повітря або кисень іонізованим випромінюванням.

4.2.38.4. Використати озонований кисень.

4.2.38.5. Замінити озонований (або іонізований) кисень озоном.

Приклад. Спосіб одержання плівок фериту шляхом хімічних газотранспортних реакцій в окислювальному середовищі відрізняється тим, що для інтенсифікації окислення і збільшення однорідності плівок процес здійснюють в середовищі озону (а. с. 261859).

4.2.39 Застосування інертного середовища

4.2.39.1 Замінити звичайне середовище інертним.

4.2.39.2 Вести процес у вакуумі. Цей прийом можна вважати антиподом попереднього.

Приклад. Спосіб запобігання загоранню бавовни в сховищі відрізняється тим, що для підвищення надійності зберігання її піддають обробці інертним газом в процесі транспортування до місця зберігання (а. с. 270171).

4.2.40 Застосування композиційних матеріалів

Перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

Приклад. Середовище для охолодження матеріалу при термічній обробці відрізняється тим, що для забезпечення заданої швидкості охолодження воно складається із розчину газу і рідини (а. с. 187060).

Всі прийоми можуть утворювати пари «прийом-антиприйом». Такі здвоєні прийоми краще пристосовані до усунення суперечностей, ніж одиночні. Чим значніший винахід, тим складніше сполучення прийомів, використаних в цьому винаході.

Сполучення прийому 4.2.10 (принцип попередньої дії) і прийому 4.2.16 (принцип часткового виконання) отримало назву – принцип чутливості.

4.3 Ідеальний результат, протиріччя, ідея рішення

Технічна задача, невіршена за допомогою традиційних, стандартних інженерно конструкторських прийомів, підлягає перекладу в клас винахідницьких задач і наступній обробці: формулюванню умов задачі і пошуку ідеї рішення.

Умови винахідницької задачі повинні складатися з трьох елементів: короткого опису (моделі) реальної технічної системи і її недоліку, ідеального кінцевого результату (ІКР) та технічного протиріччя, виявленого в результаті порівняння цих двох елементів.

Зміст формулювання ІКР полягає втім, щоб одержати орієнтир для руху до сильних технічних рішень високого рівня. Ідеальне рішення найбільше сильне з усіх мислимих і не мислимих рішень даної задачі. Дуже важливо освоїти поняття про ідеальну машину (машини нема, але необхідна дія виконується), ідеальному способі

(витрати енергії і часу нема, але необхідна дія виконується, при чому саморегулюється), ідеальній речовині (речовини нема, але її функція виконується).

При рішенні винахідницької задачі необхідно максимально наблизитися до ІКР, різко поліпшити якісь показники, не погіршивши інших. Ідеальність рішення досягається тим, що потрібний ефект досягається "даром", без використання яких би то було засобів [9]. Наприклад, ідеальний корабель: корабля нема, а вантаж сам транспортується. Такі рішення існують - це плоты, цілком складені з вантажу. Близьким до ІКР рішенням є зміє подібний корабель (англ. пат. № 1403191): невелика моторна секція (голова) тягне довгий гнучкий склад з контейнерів (тулуб).

Від формулювання ІКР залежить вибір подальшого напрямку пошуків, і от же, це один із творчих етапів, що визначає успіх усього рішення.

Формулювання ІКР складається в закріпленні бажаної властивості, функції, дії (результату) за яким-небудь елементом. Його можна проводити по формулі, пропонованої АРВЗ, визначаючи елемент, що найбільшою мірою піддається змінам, і приписуючи йому бажаний результат - таке формулювання ІКР значно звужує напрямок подальшого пошуку й обмежує його поруч з конструктивними змінами.

Якщо ж як такий елемент завжди брати "зовнішнє середовище" (надалі просто середовище), то поле пошуку розширяється.

Серед варіантів рішення задачі залишаються не тільки конструктивні, але і "тонкі" технологічні рішення, зв'язані зі зміною значення одного з властивостей (параметрів) елементів системи. Необхідно мати на увазі, що можливості зміни значень властивостей "середовища" безмежні, і в зв'язку з цим воно може здобувати форму будь-якого елемента, предмета або явища.

Технічні протиріччя будемо розглядати за схемою, пропонованої АРВЗ [9,20], умовно розділяючи їх по ступені конкретизації на технічні (ТП) і фізичні(ФП).

ТП будемо представляти у виді: "якщо поліпшувати параметр **A** відомим шляхом, те неприпустимо погіршується параметр **B**" або елемент **A** повинний виконувати дію **B** (володіти якими-небудь не-

обхідними властивостями), але він не може його виконати (не має необхідні властивості). Наприклад, "якщо збільшити міцність конструкції, те неприпустимо зросте її вага" або "трубопровід повинний сам регулювати своє січення, але його внутрішня частина не може звужуватися і розширятися".

ФП будемо представляти у виді: "елемент **A** повинний виконувати дію **V₁** (мати якусь властивість) для того, щоб здійснювалося **C₁**, але елемента повинний виконувати дію **V₂** (володіти протилежною властивістю) для того, щоб здійснювалося **C₂**" або "елемент **A** (властивість елемента) повинний (повинно) бути і не повинний (не повинно) бути". Наприклад: "елемент повинний бути провідником для того, щоб пропускати електричний струму у прямому напрямку, і повинний бути діелектриком для того, щоб не пропускати електричний струм у зворотному напрямку" або "електропровідність повинна бути і її не повинно бути".

Після цього здійснюємо пошук ідеї рішення (принципу) дії, що дозволяє дозволити (перебороти) виявлене протиріччя. Нарівні ТП пошук ідеї рішення може, зокрема, проводитися з застосуванням таблиці і списків типових прийомів подолання протиріччя [9, 28] і фонду евристичних прийомів [25] (див. стор. 75-89), а нарівні ФП із застосуванням фондів і покажчиків фізичних, фізико-хімічних і інших ефектів і явищ [9, 26] (див. додаток). На обох рівнях формулювання умов винахідницької задачі можуть застосовуватися аналоги з різних областей техніки і фонд матеріально-польових перетворень [9, 27].

При конкретизації ідеї рішення (переході від концепції до принципу) обов'язково враховується взаємозв'язок багатьох властивостей елементів. Наприклад, вага залежить від маси, від розмірів; тиск - від температури і т.д. Ці взаємозв'язки можуть бути виявлені при аналізі властивостей, а також шляхом складання матриці взаємозв'язку властивостей елементів, аналогічній матриці зв'язків елементів системи.

Якщо ж ідея рішення не знайдена, то необхідно повернутися до одного з попередніх етапів. Вибрати іншу технічну задачу і всі процедури повторити з нею: ще раз проаналізувати, глибше вивчити технічну і фізичну сутність системи; змінити умови винахідни-

цької задачі.

Розглянемо зміст цього етапу на прикладі обраних нами конкретних задач.

Задача 1. Дано систему, що складається з декількох пар валків безупинного стану, довгої змазаної вільно переміщуваної оправки і деформуємої труби. Існує ексцентрична різностінність гільзи, що після деформації залишається й у трубі. Необхідно в кілька разів знизити різностінність труб, не змінюючи її в гільзі. Примітка. Зміна різностінності залежить від умов тертя деформуємої труби з оправленням і ступеня деформації: при ковзанні труби по оправленню вперед із збільшеному коефіцієнті тертя на оправленні відносна різностінність зменшується пропорційно ступеня деформації; при ковзанні труби щодо оправлення назад, навпаки, вона збільшується.

ІКР: "Середовище само створює умови тертя на контакті труби з оправленням, благодійне зниженню різностінності".

ТП: "Середовище повинне створити умови, при яких деформуєма труба в кліті стану сковзають по оправленню вперед при відносно великому коефіцієнті тертя на оправленні, але вона не може цього зробити, тому що ковзання по оправленню уперед відбувається в останніх клітях стану, а назад у перших клітях (якщо в перших клітях стану на оправленні буде великий коефіцієнт тріпаючи, те різностінність значно зросте)".

ФП: "Коефіцієнт тертя на оправленні в останніх клітях стану повинний бути високим, щоб зменшити різностінність, у перших клітях -низьким, щоб вона не збільшувалася".

Скорочений варіант ФП: "Коефіцієнт тертя повинний бути високим і повинний бути низьким".

Аналіз зв'язків факторів і параметрів процесу показує, що величина коефіцієнту тертя визначається товщиною чи шаруючи складом технологічного змащення. Якщо взяти за основу перший фактор, то для нього скоректований варіант ФП може бути сформульований так: "Шар змащення на оправленні повинний бути малим в останніх клітях стану і великим у перших клітях стану". Але шар змащення з перших клітей переноситься оправленням в останні кліті, і товщина його при цьому приблизно однакова.

Дане протиріччя можна дозволити, якщо в останній клітці безупинного стану прийде з тонким шаром змащення ділянка оправлення, на якому труба не деформована в перших клітках. Така ділянка це передній кінець оправлення, котрий висувають з гільзи перед прокаткою. На ньому передній кінець гільзи деформується тільки в останніх клітках стану; Якщо тут знизити товщину шаруючи змащення, то це зменшить по різному стінність переднього кінця труби. А цього вже досить, тому що саме на передньому кінці гільзи (і відповідно труби) довжиною 0,3...0,7 м (передній кінець труби довжиною 1...3 м) ексцентрична різностінність була у 1,5...3 рази вище, ніж на іншій частині. Ми не досягаємо повного усунення недоліку, але в кілька разів знижуємо його величину саме в тім місці, де вона максимальна.

Ідея рішення така. Треба на оправленні створити перемінний по її довжині шар змащення (типовий прийом "принцип місцевої якості"): на передньому кінці, висунутому з гільзи, тонкий, а на іншій частині товстий. У такій формі ідея рішення настільки близька до конкретного технічного рішення, що вже піддається правовому захисту.

Однак іноді для розв'язання винахідницьких задач простіше задіяти інші методи рішень які по аналогії з геометричними фігурами будь яку технічну систему можуть представити у виді сукупності трьохкомпонентних систем, кожна з яких складається з речовини, поля та середи. Цей метод получив назву – репольний.

4.4 Принципи репольного аналізу

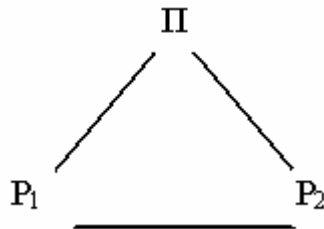
4.4.1 Реполь – мінімальна технічна система

Одним із найефективніших методів пізнання навколишньої дійсності є моделювання, тобто заміна реального об'єкту його моделлю - ідеалізованою системою, що в якихось своїх рисах відображає особливості реальної. З моделями значно простіше працювати, а результати, отримані на моделях, потім можна перенести на реальний об'єкт.

В ТРВЗ для дослідження технічних систем використовують їх структурні моделі, які отримали назву „реполь”.

Реполь (від слів речовина і поле) - це мінімальна працююча технічна система, яка включає виріб, інструмент (два матеріальних об’єкти) і енергію їх взаємодії (в ТРВЗ її називають „полем”). Така модель має графічне зображення, яке виглядає таким чином:

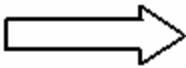







За допомогою одного або декількох реполів можна отримати модель будь-якої технічної системи. В ній нема нічого зайвого, не властивого проблемі, що вивчається, завдяки чому легше виявити недоліки, „хвороби” технічної системи, які пов’язані, як правило, з порушенням певних закономірностей побудови.



Для того, щоб оперувати з реполем при розв’язуванні винахідницьких задач, необхідно мати на увазі, що в ТРВЗ під „речовиною (P)” умовно розуміють будь-які об’єкти незалежно від ступеня їх важливості - від гайки й шплінта до космічного корабля. Наприклад, розглядаючи прання білизни, за одну „речовину” приймають білизну P_2 за другу - воду P_2 , або при обробці деталі на токарному верстаті - одна „речовина” P_1 -деталь, друга P_2 -різець. Поняття „поле (Π)” включає, на відміну від фізики, не тільки поля електромагнітні, гравітаційні, слабких і сильних взаємодій, але й інші види взаємодії між речовинами, наприклад, хімічну, яка діє при пранні білизни, або механічну, яка діє при обробці деталі на токарному верстаті різцем і т.д.

Отже, дві речовини й поле можуть бути різноманітними, але вони необхідні й достатні для утворення мінімальної технічної системи, яка отримала назву «реполь».

Коли потрібно показати взаємні зв’язки між P_1 , P_2 та Π , будують так звану репольну формулу (модель), в якій використовують такі умовні позначення:

-  - перехід від умов задачі (дано) до результату (отримано);
-  - взаємодія речовин одна з одною;
-  - дія одного компонента на інший;
-  - дія чи взаємодія, яку необхідно ввести за умовою задачі;
-  - дія чи взаємодія в загальному вигляді, без конкретизації (зв'язок);
-  - дія чи взаємодія в загальному вигляді, без конкретизації (зв'язок);
-  - незадовільна дія (або взаємодія), яка за умовою задачі повинна бути змінена;
-  - руйнування зв'язку;

Π_1 і Π_2 - різні поля;

Π і Π'' - поля на вході та виході.

В репольних формулах речовини потрібно записувати в рядок, а поля зверху і знизу, що дозволяє наочно показати дію декількох полів на одну і ту ж речовину. Репольні перетворення підказують, що потрібно ввести в систему, яка проектується, щоб вона запрацювала: речовину, поле або те чи інше. Але вони не конкретизують, які саме речовини й поля потрібно вводити. ТРВЗ рекомендує в таких випадках починати перебір з полів, бо їх набагато менше, ніж речовин. А для того, щоб не діяти наосліп при переборі, можна скористатися деяким порядком, зашифрованим у вигляді аббревіатури **ГМАТХЕМ** [27]. Аббревіатура утворена з перших літер назв найбільш вживаних полів: **гравітаційного, механічного, акустичного, теплового, хімічного, електричного та магнітного.**

Порядок перебору полів, заданий словом „ГМАТХЕМ”, не

випадковий, а відображає виявлену на базі вивчення історії техніки послідовність розвитку технічних систем у напрямку переходу від простих, часто використовуваних, але менш ефективних механічних взаємодій до найбільш ефективних електромагнітних полів. Друга тенденція - перехід від постійних, незмінних полів до перемінних, імпульсних. Ефективне й спільне використання декількох полів, особливо комбінації сусідніх в абревіатурі ГМАТ-ХЕМ: теплового і хімічного, хімічного і електричного, електричного і магнітного. Ці моменти необхідно враховувати при формуванні реполів.

Реполь – система з трьох елементів P_1 , P_2 і Π – грає в техніці таку ж фундаментальну роль, яку трикутник грає в геометрії. Знаючи декілька правил і маючи таблиці тригонометричних функцій, можна легко розв'язувати задачі, які без цього вимагали б копітких вимірювань і обчислень. Так само, знаючи правила побудови й перетворення реполів і можна легко розв'язувати багато важких винахідницьких задач.

4.4.2 Основні правила репольного аналізу

Представлення технічних систем у вигляді трикутних реполів аналогічно представленню трикутника в геометрії. Трикутник - мінімальна геометрична фігура. Будь-яку складну фігуру (квадрат, ромб, чотирикутник і т.д.) можна звести до суми трикутників. Саме тому вивчення властивостей трикутника виділено в окрему науку - тригонометрію.

Реполь - система з трьох елементів P_x , P_2 і Π - грає в техніці таку ж фундаментальну роль, яку трикутник грає в геометрії. Знаючи декілька правил і маючи таблиці тригонометричних функцій, можна легко розв'язувати задачі, які без цього вимагали б копітких вимірювань та обчислень.

Так само, знаючи правила побудови й перетворення реполів, можна легко розв'язувати багато важких винахідницьких задач.

4.4.3 Добудова реполя

Нерепольні системи, що містять один елемент (речовину або поле) або два елементи (дві речовини або речовину й поле) необхідно добудувати до повного реполя, що містить дві речовини й поле. Причому, для добудови реполя рекомендується використовувати речовини із зовнішнього середовища, а послідовність введення полів - за ГМАТХЕМ.

Для прикладу розглянемо задачу.

Задача 4.1. *Криві стовбури й сучки дерев розрубують на тріски. Одержується суміш кусків кори й трісок деревини. Як відділити куски кори від трісок деревини, якщо вони дуже мало відрізняються за густиною та іншими характеристиками? [2].*

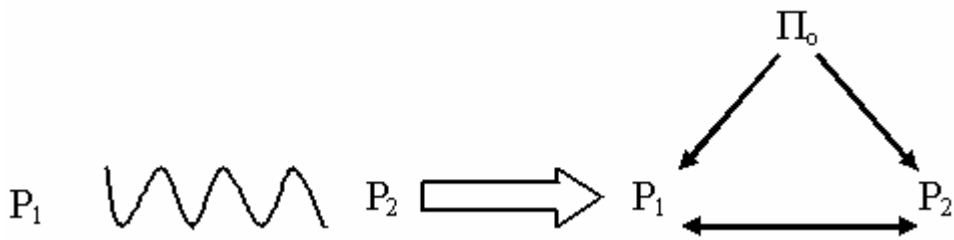
З цієї задачі є безліч патентів, виданих в різних країнах. Винахідники

наполегливо і безрезультатно намагаються відділити куски кори від трісок деревини, використовуючи незначну різницю в густині.

В експериментах з цією задачею число спроб іноді вимірювалось сотнями, однак нікому не вдалося подолати психологічну інерцію і піти в принципово новому й, головне, вірному напрямку.

В задачі дано дві речовини. Отже, для добудови реполя необхідно ввести поле. Величезний пошуковий простір різко звужується: потрібно розглянути всього декілька варіантів.

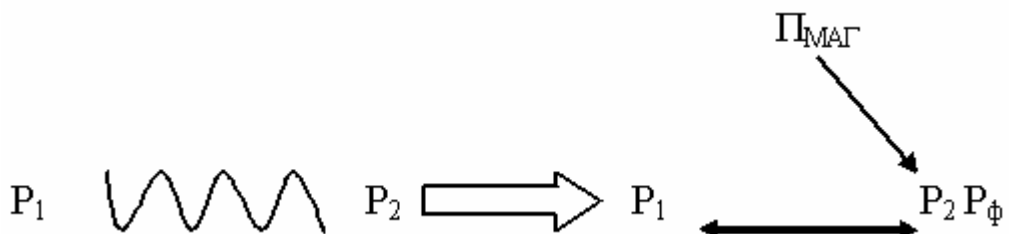
Використовуючи аббревіатуру ГМАТХЕМ, можна побачити, що гравітаційне поле **Г** можна відкинути через малу різницю в питомій вазі кори і трісок. Також не проглядається задовільний розв'язок при використанні механічного **М**, акустичного **А**, теплового **Т** і хімічного **Х** полів. Можна перевірити, як ведуть себе тріски в електричному полі. Виявляється, що в електричному полі частинки кори заряджаються негативно, а частинки деревини - позитивно. Це дозволяє побудувати сепаратор, який забезпечує надійне розділення трісок за формулою:



Ну, а якби тріски не електризувались? Тоді розглянули б магнітні (М) і електромагнітні поля. І в цьому випадку правило добудови реполя зберігається.

Завдання полягає в тому, щоб відділити один вид виробу. Отже, ми маємо право вважати, що дано одну речовину, яку потрібно переміщувати. Добудуємо реполь: додамо до цієї речовини пару „речовина і поле”, наприклад, можна нанести на кору феромагнітні частинки до роздроблення стовбура і гілок, а після дроблення використовувати для сепарації магнітне поле.

Тут вже не вимагаються експерименти: магнітне поле явно спроможне переміщувати „омагнічену” кору. Це вирішення можна відобразити так:

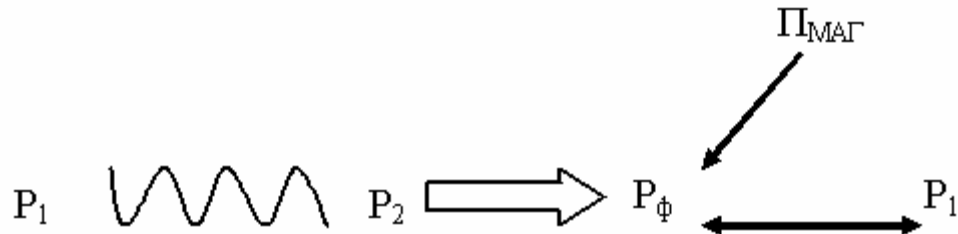


Дано суміш 2-х речовин, які не хочуть розділятися. Розв’язок полягає в добудові реполя, причому замість P_2 треба взяти комплекс $P_2 P_\phi$.

Можливість будувати „комплексні” реполі значно розширює зону застосування правила про добудову реполя.

Задача 4.2 Є термопластичний матеріал (пластмаса). З нього потрібно виготовляти листи - метр на метр - з ворсинками, тобто з виступами із того ж матеріалу у вигляді голок. Кількість ворсинок - десятки на квадратний сантиметр, висота 10 мм. Треба запропонувати спосіб виготовлення - простий, високопродуктивний, дешевий. Лиття, й штамповка дають дуже багато браку.

Використаємо той же принцип, що й у задачі 1, додамо в розплавлену пластмасу феромагнітний порошок. Якщо тепер до розігрітої пластмаси піднести магніт з голками, а потім почати піднімати його, кожна голка потягне тонку структуру пластмаси - ось і готовий ворс. У репольній формі відповідь запишеться так:



Тут чітко зображена суть розв'язування. Була речовина P_1 , яка погано піддавалася безпосередньому впливу. Ми пішли іншим шляхом: взяли добре взаємодіючу пару „магнітне поле - феромагнітний порошок“ ($\Pi_{\text{МАГ}} - P_\phi$) і об'єднали з існуючою речовиною в єдину систему, яка добре піддається керуванню. Видно й суперечність, яка була схована в глибині задачі, але нам вдалося її усунути: поле не діє на речовину, бо нема полів, які самі по собі могли б формувати ворс на листах, і поле діє на речовину, але через іншу речовину - через феромагнітний порошок.

Трикутник із магнітного поля, феромагнітних частинок і речовини отримав назву *феполь*. Термін новий, його ще немає в жодному словнику. Феполь є частковим випадком реполя.

Правило побудови реполя безпосередньо впливає з визначення поняття „реполь“: мінімально повна технічна система явно ефективніша за неповну систему, тому дані в задачі нерепольні й неповні репольні системи потрібно добудовувати до повних реполів.

4.4.4 Розвиток або підвищення ефективності реполів

У ситуаціях, коли в технічній системі потрібна дія, але вона недостатньо ефективна, застосовується правило розвитку реполя. Воно каже:

1) із збільшенням ступеня дисперсності інструмента P_2

ефективність реполя підвищується;

2) дія поля на інструмент P_2 ефективніша дії на виріб P_1 ;

3) ефективність реполя збільшується, якщо інструмент P_2 розгортається в ланцюговий реполь, який під'єднаний до існуючого.

Як приклад розглянемо задачу.

Задача 4.3 Для очищення гарячих газів від немагнітного пилу застосовують фільтри, що являють собою пакет, який утворений багатьма шарами металічної тканини. Ці фільтри задовільно утримують пил, але саме через це їх потім важко очищати. Як бути? [4, 32].

Задача була розв'язана, коли в якості фільтру було використано феромагнітний порошок, розміщений між полюсами, який утворює пористу структуру. Вмиканням і вимиканням магнітного поля можна ефективно керувати фільтром. Пори фільтру можуть бути маленькими, коли уловлюють пил, і великими, коли йде очищення фільтру.

В умові задачі вже існує реполь: є P_x (пил), P_2 (пакет тканини), Π (механічне поле сил, яке створюється потоком повітря).

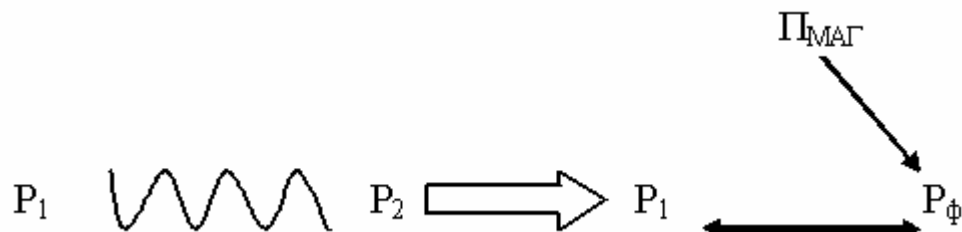
Розв'язок отримано тим, що:

- P_2 роздробили в феромагнітний порошок P ;

-дію поля Π спрямували не на P_1 (виріб), а на P_ϕ (інструмент);

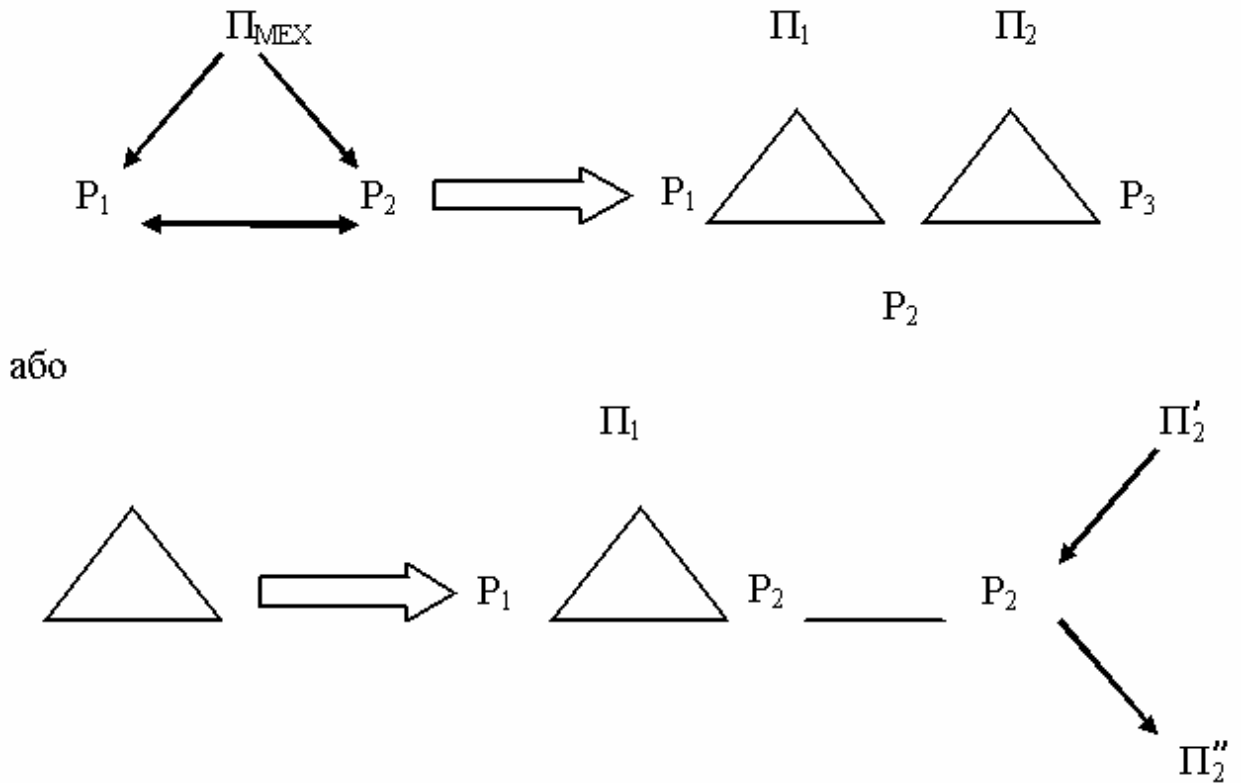
-саме поле стало не механічним (Π), а магнітним (Π_2).

Хід вирішення у репольній формі запишеться так:



Згадаймо задачу 5.1. У ній вже було дано реполь, причому „добрий”, потрібний: механічне поле Π_1 через круг P_2 діє на циліндр P_3 . Невигідно перебудовувати цей реполь чи ламати його, тому що умови задачі не містять ніяких претензій до самого процесу шліфування.

Такі задачі розв'язують за правилом побудови ланцюгових реполів:



Згідно з п. 3 правила рішення полягає в тому, що круг P_2 (інструмент) розгортається в реполь, приєднаний до існуючого реполя. У даному випадку до шліфувального круга P_2 прикріплюється струмопровідна пластина P_3 і до системи підводиться електричний струм Π_2 . Величина зношування шліфувального круга P_2 визначається за зміною опору пластини P_3 при проходженні електричного струму Π_2 .

Інколи P_3 , в свою чергу, розгортається в реполь, що продовжує ланцюг і тим самим відбувається так зване „форсування” реполів. Типовий випадок „форсування” реполя - введення в нього феромагнітної речовини і магнітного поля.

4.4.5 Руйнування реполів

У деяких винахідницьких задачах потрібно усунути шкідливу взаємодію двох об'єктів. В таких випадках наявність шкідливого

зв'язку в реполі руйнується введенням між погано взаємодіючими речовинами або модифікації однієї із двох наявних речовин, або дешевої третьої речовини, або використанням поля.

Аналіз великої кількості задач на руйнування реполя показав, що найефективнішим вирішенням є введення третьої речовини, яка є видозміною однієї із двох наявних.

Задача 4.4 *У світлокопіювальній машині по склу протягується калька із кресленням. До кальки прилягає світлочутливий папір. Скло складної форми зламалось. Виготовлення нового скла вимагає значного часу. Тому вирішили поставити органічне скло. Але виявилось, що калька під час руху електризується і прилипає до скла. Як бути? [2].*

Інженери, які не знайомі з правилом руйнування реполя, звичайно, починають перебирати варіанти, пов'язані із видаленням електричних зарядів. Але видалити заряди, не затуляючи світла і не ускладнюючи апаратуру, дуже важко. З позицій репольного аналізу задача розв'язується простіше. Між калькою і склом потрібно ввести третю речовину, яка є видозміною кальки чи видозміненим склом.

Простіше взяти кальку, яка дешевша. Оскільки вона повинна знаходитись між склом і калькою з кресленням, потрібно, щоб введена калька була прозорою й не затримувала світла, тобто треба взяти чисту кальку. Чиста калька притискується до скла, а калька із кресленням піде тепер не по склу, а по чистій кальці, що приліпилась до скла.

На цьому прикладі добре видно, чому в правилі говориться, що речовина, яка вводиться, повинна бути видозміною однієї із двох наявних. Якщо ввести якусь третю речовину, то реполь буде зруйновано, але може виникнути ускладнення: „чужа” речовина буде погано відчувати себе в „сторонній” їй технічній системі.

Потрібно, щоб третя речовина була й щоб її не було. Тоді вона не зламається, не підвищить ціну системи, не порушить її роботу, одним словом, не додасть ускладнень.

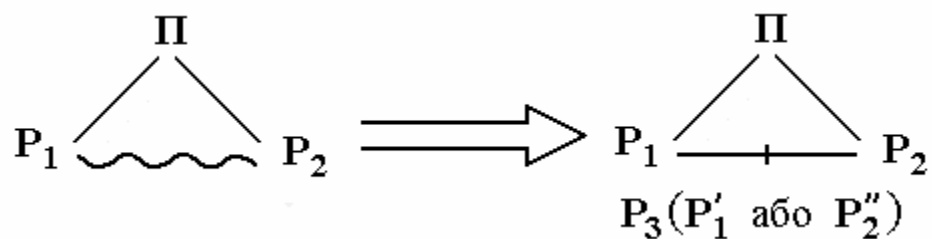
Правило руйнування реполя, вказуючи на необхідність використання однієї із наявних речовин, видозмінивши її, підказує, як подолати суперечність - третя речовина є і третьої речовини не-

ма.

Іноді формула дає пряму відповідь, як у задачі 4.4, але частіше доводиться „дотягувати” розв’язок аналізом. Але наскільки легше просуватись до мети, знаючи напрямок !

Задача 4.5. *На теплових електростанціях вугілля із бункера через шнековий живильник поступає у кульовий млин. Після помолу вугільний порошок пилоповітропроводом проходить у сепаратор. Великі шматки вугілля повертаються на повторний помол, а вугільний пил направляють до топки. Все добре, якщо вугілля не дуже вологе. Але нерідко у бункер поступає дуже вологе вугілля. Воно заліплює живильник, прилипає до стінок труб, що ведуть до млина. Як бути?*

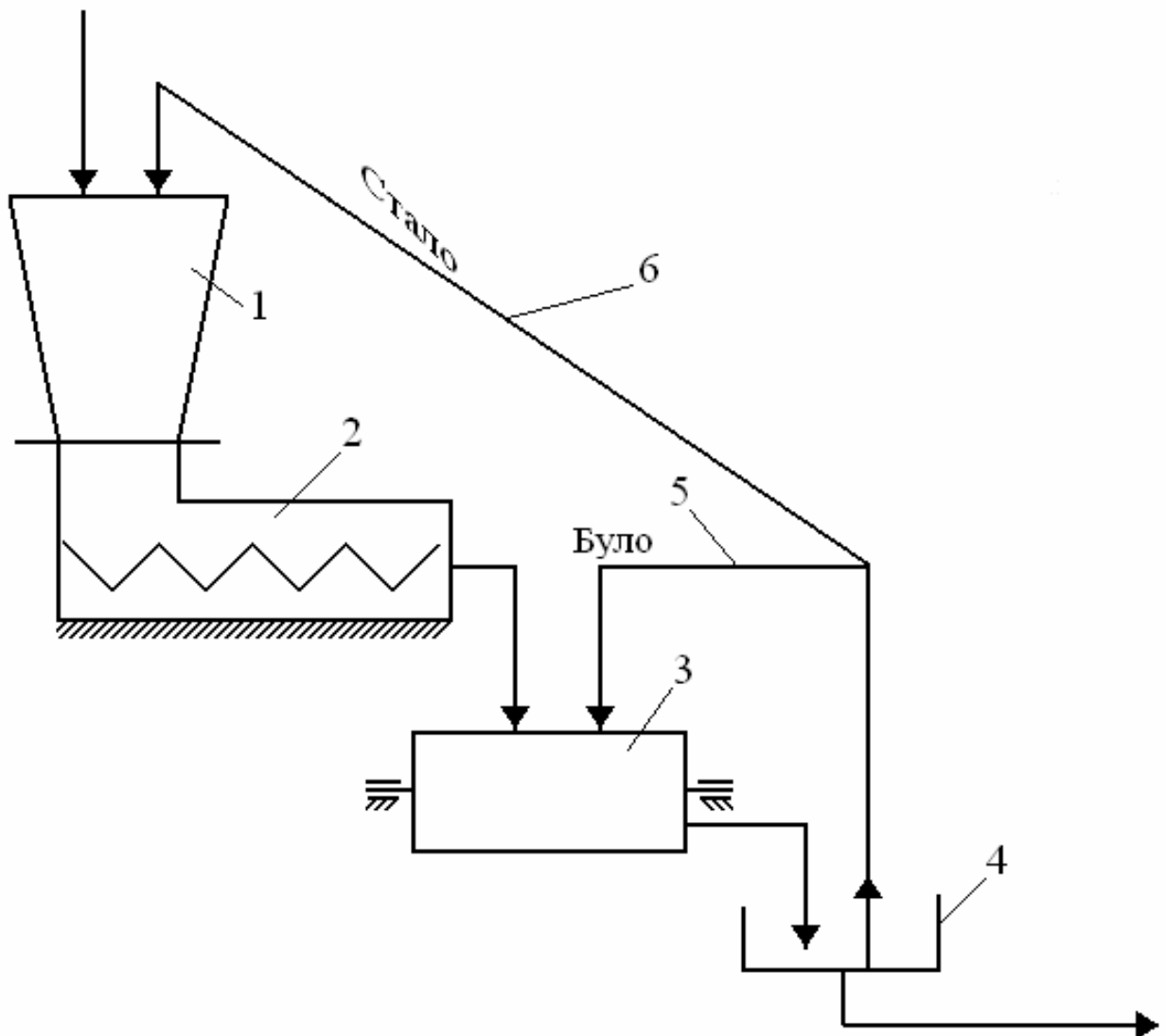
Це також задача на руйнування реполя, як і у задачі 4.4. Для її розв’язання необхідно увести третю речовину між двома наявними. І ця третя речовина між двома наявними повинна бути видозміною однієї із наявних або сумішшю обох речовин. Знову маємо формулу переборення суперечності: третя речовина є, отже реполь зруйновано, і третьої речовини нібито немає, а отже, немає витрат на цю речовину, немає неприємностей, котрі можуть бути з нею зв’язані.



Американці, наприклад, запропонували облицьовувати живильник і труби фторопластом. Реполь зруйновано, оскільки уведено третю речовину, але вугілля дуже швидко здирало покриття.

Правило вимагає взяти як третю речовину видозмінений метал або видозмінене вугілля. Важка задача звелася до простих запитань: як видозмінити метал, щоб він не прилипав до мокрого вугілля або як видозмінити мокре вугілля, щоб воно не прилипало до металу? Відповідь очевидна: як тонкий прошарок між металом і мокрим вугіллям потрібно використати сухе вугілля.

Нехай вугільний порошок, що йде на повторний помол, обво-лікає мокрі шматки вугілля, поступаючи у живильник (рисунок 4.1).



1-бункер, 2-шнековий живильник, 3-кульовий млин, 4-сепаратор, 5-повернення великих шматків на повторний помол (було), 6-повернення великих шматків вугілля у бункер (стало)

Рисунок 4.1 – Подача вугілля до топок ТЕС

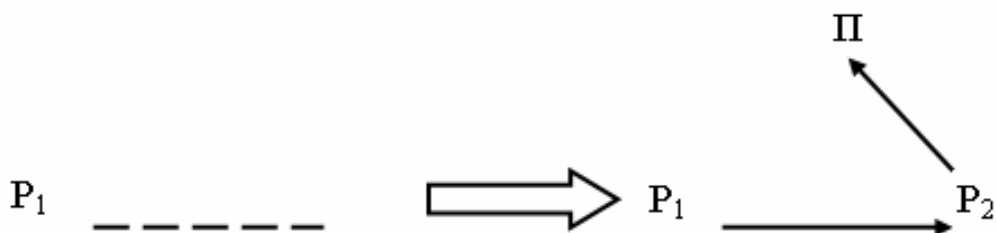
Третя речовина є і третьої речовини немає. Прошарок сухого вугілля не вимагає витрат матеріалів, не ламається. А скільки було перепробовано „пустих” варіантів, коли задачу розв’язували методом спроб та помилок!

4.4.6 Побудова „вимірювального” реполя

Якщо необхідно отримати інформацію про стан системи, будують „вимірювальний” реполь шляхом введення в систему речовини, пов’язаної з полем, яке легко виявляється і вимірюється, або речовини, яка перетворює погано виявлене поле у легко виявлене. Тут також набір полів можна проводити за лінією ГМАТХЕМ, розглядаючи в першу чергу легко виявлені людиною поля - світлові, звукові, дотикові, запахові [25]. Розглянемо для прикладу таку задачу:

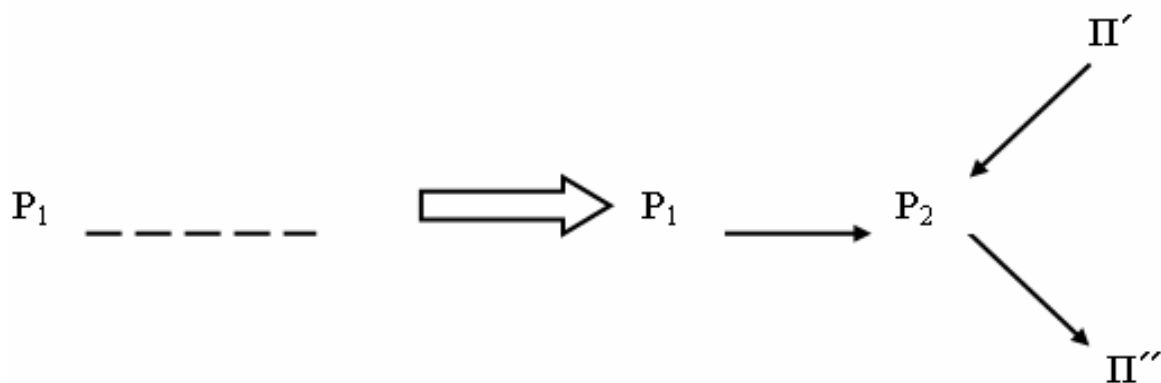
Задача 4.6. Потрібен спосіб, що дозволяє швидко й точно знаходити в холодильних агрегатах нещільності, через які просочується рідина (фреон, масло, водоаміачний розчин).

Відповідь до цієї задачі дає а. с. 277805: „Спосіб виявлення нещільності в холодильних агрегатах, що заповнюються фреоном і маслом, відрізняється тим, що, з метою підвищення точності виявлення місць витоку, в агрегат разом з маслом вводять люмінофор, освітлюють агрегат у затемненому приміщенні ультрафіолетовими променями і знаходять місця витоку за світінням люмінофора в маслі, яке просочується через нещільність [2]. Тут дано краплину рідини (P_x), до неї додано другу речовину (P_2)-люмінофор і поле (Π)-ультрафіолетове випромінювання. Репольний запис розв’язку буде:



Але тут діють два поля (на вході й на виході). Тоді розв’язок можна записати в такому вигляді:

Це значить, що речовина P_2 (люмінофор), додана в P_x і тепер сполучена з ним, перетворює електромагнітне поле Π (ультрафіолетові промені) на вході у легко виявлене поле Π на виході - світіння місця витоку робочої рідини.



Репольний аналіз можна порівняти із троянським конем. Троя, як відомо, витримала десятирічну облогу. Тоді за порадою хитромудрого Одиссея греки побудували величезного дерев'яного коня. Всередині коня заховався загін озброєних воїнів. Залишивши коня, греки покинули табір, зробивши вигляд, що знімають облогу і йдуть в море. Троянці кинулись в залишений табір і знайшли там дерев'яного коня. Здобич доставили в місто. Вночі воїни вийшли із коня, перебили варту і відкрили ворота грецьким військам, що повернулись. Троя впала... Було б зайвим стверджувати, що Гомер передбачив появу репольного аналізу, але в історії з троянським конем дуже точно відображено одну із найважливіших ідей репольного аналізу. Суть задачі, звичайно, полягає в тому, що якась речовина не піддається керуванню, не змінюється так, як потрібно, не дає інформації про своє місцезнаходження або стан. Невдала облога цієї речовини може продовжуватись роками. Нічого не вийде до тих пір, поки не буде використаний троянський кінь - добавка речовини, яка виконує те, що нам потрібно.

Хід троянським конем видно вже в правилі про добудову реполя. Роль троянського коня відверто грає і P_3 в комплексних реполях. Але нерідко умова задачі прямо накладає заборону на введення „сторонньої” речовини. Репольний аналіз має на цей випадок цілий табун троянських коней - набір хитрих обхідних прийомів, які ввійшли до стандартів на розв'язування винахідницьких задач.

4.5 Типові моделі винахідницьких задач та їх реполі перетворення

Шляхи вирішення задач легше знаходити, якщо їх якось розмістити за родинними типами, класами чи групами. А кожний тип, клас, групу задач розв'язувати за певними правилами, що значно полегшує вирішення.

Класифікувати винахідницькі задачі, а тим більше винахідницькі ситуації, надзвичайно важко, тому що їх може бути дуже багато. Крім того, часто суть задачі захована за довільним словосполученням. А модель задачі, яка усуває всі зайві елементи і спеціальну термінологію, дозволяє гранично спрощено, але разом із тим точно відобразити суть задачі, дати технічну суперечність і елементи, конфлікт між якими утворює суперечність. Такі моделі задач піддаються простій і чіткій класифікації.

В основу класифікації моделей винахідницьких задач покладено репольну структуру вихідної технічної системи. Такий підхід дозволяє розділити всі задачі на три типи: дано один, два або три елементи, більш складні зводяться до цих трьох типів.

Задача першого типу (дано один елемент) майже завжди вирішується добудовою до повного реполя.

Задачі третього типу (дано три елементи) без особливих ускладнень переводяться у задачі першого й другого типів.

Якщо, приміром, за умовою задачі дано реполь, тобто три елементи, то цей реполь можна розглядати як один елемент (речовину) і з'єднувати його за правилами репольного аналізу з іншими речовинами й полями.

Тому „класичні" винахідницькі задачі - це задачі другого типу. Для конфлікту потрібне зіткнення двох протилежних тенденцій, прагнень, властивостей, вимог.

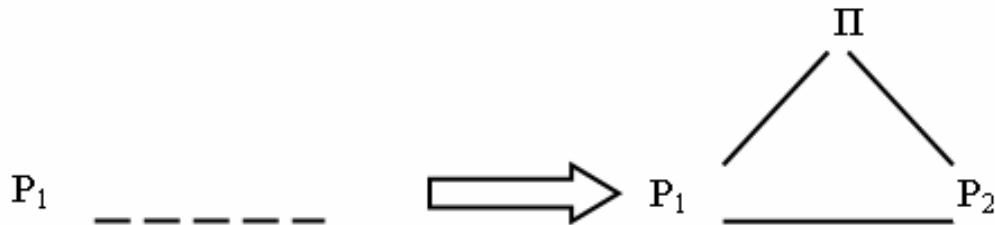
Власне кажучи, такі зіткнення існують і в задачах першого типу: другого елемента немає в задачі, але він є на увазі.

Задача 3.7. При виготовленні шліфувального інструмента потрібно укласти маленькі алмазні зерна, що мають форму пірамідок, не як-небудь, а гострим кутом догори. Як це зробити? [2].

Тут дано один елемент - крупинку алмазу. Другий елемент -

інструмент - не вказаний, тому що крупинки алмазу дуже малі і немає рації вкладати їх звичайним інструментом, наприклад, пінцетом.

Тому другий елемент винесено за межі задачі. Але за репольними правилами потрібно репольну систему добудувати до повного реполя:



Тут можна використати гравітаційне поле, тому що пірамідки, які мають центр ваги ближче до основи, будуть орієнтуватись вершинками догори при повільному падінні. А для сповільнення падіння пірамідок можна використати в'язкий клей, який і буде приклеювати їх до основи. Надлишок клею зливають і всі пірамідки приклеюються орієнтованими гострими вершинками догори.

Тут важливо те, що для кожного класу, а їх в існуючій класифікації нараховується 18 [3], репольний аналіз пропонує загальну формулу, що вказує напрямок розв'язування. Репольні формули відображають не будову технічної системи, а структуру задачі і напрямок її вирішення, який визначається законами розвитку технічних систем. Тому немає репольних формул металорізального верстата, преса або електродвигуна, як нема, скажімо, їх хімічних формул.

Є у репольного аналізу ще одна важлива перевага. Ключами до вирішення складних задач часто виявляються фізичні, хімічні, геометричні та інші ефекти. І дуже важливо мати перехід від задачі до відповідного ефекту. Репольний аналіз і виявляється таким переходом, оскільки фізичні, хімічні та геометричні ефекти можуть бути виражені у репольній формі, що дозволяє розробити стандарти на розв'язування винахідницьких задач.

Питання до самоконтролю:

- 1 Назвіть основні прийоми усунення технічних суперечностей.*
- 2 Дайте визначення, що таке ідеальний кінцевий результат.*
- 3 Дайте визначення, що таке реполь?*
- 4 Як за допомогою реполів можливо графічно зобразити моделі винахідницьких задач? Приведіть приклади.*
- 5 Назвіть основні правила репольного аналізу.*
- 6 Що таке побудова реполя? Наведіть приклади.*
- 7 Як відбувається побудова «вимірювального» реполя?*
- 8 Дайте визначення, що таке Реполь? Наведіть приклад.*
- 9 На прикладі рішення винахідницької задачі покажіть як виконується руйнування реполів.*
- 10 Розшифруйте аббревіатуру ГМАТХЕМ.*

5 ПРИНЦИПИ РІШЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПРОТИРІЧЧ

5.1 Фізичні ефекти і явища, їхнє застосування при рішенні технічних задач

Результати пізнання людиною навколишнього світу виражаються звичайно у виді законів і закономірностей природи, правил, прикладів, властивостей предметів і явищ і т.д. Фізичні ефекти і явища, закони і наукові відкриття - найбільш узагальнене вираження результатів пізнання. Саме вони лежать у глибині, в основі всіх конкретних технічних рішень, формуючи їхнє ядро - принцип дії чи ідею рішення.

Той самий фізичний ефект може породжувати величезну кількість конкретних, що істотно відрізняються друг від друга технічних рішень. Візьмемо для приклада відомий закон Джоуля-Ленца, що встановлює зв'язок між величиною електричного струму, що проходить через провідник, і кількістю теплоти, що виділяється у ньому. Список технічних рішень заснованих на даному ефекті, важко перелічити. Це різні типи електронагрівників, нагрівання і зварювання металів, електронні лампи, велика кількість вимірювальних і регулюючих пристроїв і багато інших рішень.

Саме фізичні, фізико-хімічні й інші ефекти і явища (включаючи закони фізики, наукові відкриття і т.д.) мають у своєму складі найбільш ефективні шляхи подолання протиріч при рішенні тієї чи іншої технічної задачі. Обсяг знань про різні ефекти визначає потенційну творчу міць винахідника.

Застосуванню арсеналу фізичних ефектів і явищ передують дослідження їхньої сутності, умов виникнення і дії, аналіз корисних і шкідливих проявів ефекту і т.д., тобто глибоке попереднє вивчення фізики.

Необхідно помітити, що в сучасному підручнику для вузів описане усього лише близько 150 фізичних ефектів і явищ, тобто близько 3 % від ефектів, відомих людству (загальне число їх складає орієнтовно 5 тис.).

Роботу зі складання "Покажчика застосування фізичних ефектів і явищ при рішенні винахідницьких задач" почала ще з 1969 р. суспільна лабораторія методики винахідництва [31]. Надалі лабораторією математичних методів оптимального проектування Марійського політехнічного інституту був складений фонд фізичних ефектів і явищ, використовуваний як інформаційний масив для узагальненого евристичного алгоритму з орієнтацією на машинний пошук [26]. З'явилися повідомлення про аналогічні роботи і за рубежом.

Складання фонду, довідника, покажчика фізичних ефектів і явищ - надзвичайно трудомісткий процес, тому що їх приходиться брати не тільки зі спеціальної літератури, але також і з конкретних технічних рішень, де вони знаходяться в схованому, завуальованому виді, іноді в сполученні з іншими ефектами і евристичними прийомами. Але і після цей фонд постійно має потребу в доповненні й удосконалюванні, тому що немає межі розвитку науки.

У зв'язку з цим виникла необхідність у створенні строгої методики виявлення, збору й обробки інформації для подібних фондів [26].

Структуру різних фізичних ефектів можна представити декількома видами схем, багато в чому аналогічних і утримуючих вихідні впливи, а саме фізичний об'єкт і результати (власне ефекти). До впливу відносяться поля: (магнітне, електричне, електростатичне,

гравітаційне, теплове, силове), а також різного роду зміни, наприклад, вологості, швидкості руху, концентрації і т.д. Воно може бути постійним як у часі, так і в просторі. Вплив вимірюється визначеними величинами і виражається їхніми чисельними значеннями.

Фізичний об'єкт, що піддається впливу, містить у собі широкий клас матеріальних тіл (тверді, рідкі, газоподібні речовини, їхні сполучення, а також елементарні частки, іони, молекули, атоми і т.д.).

Результат, власне ефект, виходить найрізноманітніший : електричний струм, рух, розщеплення спектральних ліній, електромагнітне поле, зміна псевдо густини рідини, оптична анізотропія і т.д. Взаємозв'язок ефекту і впливи може бути виражена математичною формулою.

Процес збору інформації розбивають на три основних етапи: виявлення ефекту; встановлення обмежень; вибір фізичної моделі.

Зібрану інформацію про кожен фізичний ефект зручно систематизувати у виді таблиці (карти), що містить наступні зведення:

- назва ефекту і його шифр;
- фізичні об'єкти;
- тип впливу;
- характеристика впливу;
- результат впливу (ефект);
- характеристика результату впливу;
- модель фізичного ефекту;
- опис сутності фізичного ефекту (по літературних джерелах);
- застосування фізичного ефекту (області техніки, де він чи використовується можливо його використання);
- література.

У зазначеній вище формі складені описи для фонду фізичних ефектів узагальненого евристичного алгоритму [26]. Фонд містить більш 700 ефектів, оформлений у виді каталогу і постачений довідково-пошуковим апаратом як по типах впливу, так і за результатами (ефектам). Завдяки цьому він може бути використаний при пошуку рішень технічних задач на ЕОМ і без машинними методами.

Результати впливу фізичних ефектів, що маються у фонді, до-

зволяють сформулювати і скласти список функцій, що можуть бути реалізовані з їх допомогою (функції представлені в узагальненому виді; нагрівання, розширення, коливання, електризація, переміщення і т.д.).

Для застосування в широкому практичному винахідництві (при без машинному пошуку інформації) зручно мати довідник по ефектах, складений у більш компактній формі. Оптимальним можна вважати опис фізичного ефекту по чотирьох параметрах: А - вплив, В - фізичний об'єкт, Р - умови, обмеження, С - результат, ефект.

При збігу результату С - одного фізичного ефекту з впливом А₂ іншого елементарні ефекти можуть утворювати нові, більш складні, що складаються з ланцюга двох і більш послідовно з'єднаних ефектів.

Наприклад, ефект Джоуля - Ленца (А-електричний струм; В - провідник; С - тепло) і ефект термоелектронної емісії (А₂ - тепло; В₂ - оксидна суспензія; С₂ - випущення електронів) у послідовному сполученні дають ефект А₁ – С₂ (при проходженні електричного струму через провідник відбувається випущення електронів), закладений у принцип дії електровакуумних приладів.

Найбільше проста і зручна форма довідника, застосовуваного як інструмент у практичному винахідництві, є покажчик, складений у формі таблиці, він містить стовпчики з назвою необхідної дії (наприклад: пониження температури) і з відповідними йому назвами фізичних ефектів (наприклад: ефект Ранка, магнітокалоричний ефект і т.д.) [9]. Варіант такого покажчика представлений у **додатку Б.1**. Успішно використовувати його можна при доброму знанні фізики, коли за назвою ефекту розуміють його сутність.

Покажчик (табл.) дозволяє вирішувати прямі винахідницькі задачі і корисний на етапі пошуку ідеї рішення після того, як сформульовані умови задачі, ідеальний результат, виявлені технічне і фізичне протиріччя і визначене в загальному дію, необхідна для дозволу протиріччя.

Можна вирішувати і зворотну задачу ("на застосування"): для конкретного фізичного ефекту знаходять технічну задачу, у якій з його допомогою усувається який-небудь недолік, дозволяється тех-

нічне протиріччя.

Наприклад, автор електрогідравлічного ефекту Л.А. Юткін значну частину свого творчого життя присвятив пошуку технічних задач, розв'язуваних на основі цього відкриття. В даний час є величезна кількість винаходів, заснованих на ефекті Юткіна, створених як самим автором, так і іншими дослідниками (zareestrovano більш тисячі авторських посвідчень).

При рішенні задач такого типу зручно користатися покажчиком ефектів, складеному у формі: "фізичний ефект-можливе застосування, одержувана дія".

Повний фонд технічних рішень, створених людством, величезний, і опис навіть найбільш ефективних і оригінальних з них дуже трудомісткий процес, зв'язаний іноді з аналізом мільйонів одиниць інформаційних джерел.

Але технічна творчість, як систематична діяльність сучасного інженера, вимагає постійного розширення знань конкретних рішень. Фонд технічних рішень може бути використаний інженером по різному призначенню: при аналізі і виборі задач, пошуку ідей рішення, синтезі нових технічних об'єктів, аналізі техніко-економічної ефективності з найденого рішення в порівнянні з відомими, прогнозуванні розвитку науки і техніки, складанні заявки на винахід і перевірці його патентоспроможності і т.д.

У винахідницькій практиці добре зарекомендували себе особисті фонди технічних рішень, картотеки патентів, науково - технічних статей і монографій. Створення і постійне поповнення картотеки – це систематична праця по аналізу багатьох джерел інформації. До найбільш універсальної і доступної кожному, на наш погляд, джерелам можна віднести реферативні журнали і бюлетень винаходів, реферативне видання "Изобретения за рубежом", а також науково-популярні журнали "Изобретатель и рационализатор", "Техніка і наука" і ін. Самостійне поповнення фонду - ефективний шлях підвищення творчого потенціалу та кваліфікації науково-технічного працівника.

І на закінчення. У процесі еволюції наш мозок навчився знаходити рішення простих задач. Але еволюція не виробила механізму для повільного та точного рішення складних задач. Якщо б ми з

великою точністю знали усе те, що відбувається у голові великого винахідника, все рівно це не наблизило б нас до розробки універсальної тактики рішень творчих задач. Тому, що евристичні механізми високих порядків не можуть бути відкриті, бо їх немає, але вони потрібні бути знайдені.

На перший погляд цю проблему можливо було б вирішити за допомогою ЕОМ, але використання машини для розв'язання винахідницьких задач не відмінняє творчості.

Використовуючи методику ТРВЗ для обробки великих масивів інформації, з 1985 року Г.С. Альтшуллер почав будувати життєву стратегію творчої особистості (ЖСТО), яка повинна лежати в основі виховання творців, винахідників, новаторів, вчених, які можуть стояти на передових позиціях науково-технічного прогресу, гідно їх утримувати і просуватися вперед. Було вивчено більше тисячі біографій творчих осіб, проаналізовано становлення і розвиток творчої особистості протягом всього життя. На історико-біографічних прикладах показано, що творчий спосіб життя підвладний кожному, що для цього не потрібні особливі природні якості і над сприятливі умови. Будь-яка людина спроможна обрати гідну мету і розпочати планомірну боротьбу за її досягнення [4].

Детально розглядаючи шлях до мети, ЖСТО дає людині сумарний життєвий досвід поколінь творців, попереджує про типові небезпеки, рекомендує конкретні методи їх усунення, передбачає найбільш сильні ходи [28].

Систематичні дослідження з ЖСТО поступово формують нову сферу знань - теорію розвитку творчої особистості (ТРТО). Вона йде на заміну ТРВЗ, тому що майбутня проблема - не в умінні розв'язувати технічні задачі, а в самій людині, в її творчому потенціалі.

Основним інтересом повинна бути в майбутньому гуманітарна складова [29]. А поки що потрібно навчитися добре розв'язувати технічні задачі, вміти знаходити винахідницькі рішення за допомогою методів творчого пошуку та розвивати творчі здібності. Але для того, щоб творчі здібності дозволяли досягнути успіху,

необхідні: бажання, воля і, саме головне – **труд**.

Питання до самоконтролю:

- 1. Укажіть, як формується для показника структура різних фізичних ефектів.*
- 2. Які поля і зміни відносяться до впливу на структуру різних фізичних ефектів .*
- 3. На які три основні етапи розбивається процес збору інформації при рішенні винахідницьких задач.*
- 4. Яким чином систематизується зібрана інформація про кожний фізичний ефект. Наведіть приклад.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. - М.: Машиностроение, 1988.-368 с.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. - М.: Сов. радио, 1979.
3. Чус А.В., Данченко В.Н. Основы технического творчества. Учебное пособие. - Киев - Донецк: Вища школа. Головное издательство, 1983. -184 с.
4. Косіюк М.М., Черменський Г.П. Основы науково – технічної творчості – Хмельницький: Поділля, 1998.- 416 с.
5. Скирута М.А., Комиссаров О.Я. Инженерное творчество в легкой промышленности. - М.: Легпромбытиздат, 1990. -184 с.
6. Альтшуллер Г.С.,Злотин А.В.,Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач).- Кишинев: Картя Молдовеняска, 1989.-382 с.
7. Саламатов Ю.П. Система развития законов в технике. /Шанс на приключение. Сост. А.Б.Селюцкий. - Петрозаводск: Карелия, 1991. - 304 с.
8. Закономерность развития технических систем. Учебно-методическое пособие /Завьялов А.Б., Борисовский В.В., Голиков А.З., Сетуха В.В., Голубев С.С.-Красногорск, 1991. - 44 с.
9. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. - Новосибирск: Наука, 1986. - 209 с.
10. Пигоров Г.С, Таран Ю.Н. Бельгольский Б.П. Интенсификация инженерного творчества: Потребности, методы, формы организации. - М.: Профиздат, 1989.-192 с.
11. Лук А.Н. Психология творчества. -М.: Наука, 1978. - 128 с.
12. Кедров Б. О творчестве в науке и технике: (Научно-популярные очерки для молодежи). - М.: Мол.гвардия, 1987.-192 с.
13. Белозерцев В.И. Техническое творчество. Методологические проблемы- Ульяновск: Приволжс.кн.изд-во, Ульяновское отделение, 1975. - 248 с.
14. Селюцкий А.Б., Слугин Г.И. Вдохновение по заказу. - Петрозаводск: Карелия, 1977.
15. Журавлев В.Н. Звезда психологии /Дерзкие формулы творчества.- Сост.А.Б.Селюцкий.- Петрозаводск: Карелия, 1987. - 320 с.
16. Альтшуллер Г.С. Краски для фантазии. Прелюдия к теории развития творческого воображения / Шанс на приключение. Сост. А.В. Селюцкий.- Петрозаводск: Карелия, 1991. -1991.- 304 с.
17. Попов А. АРИЗ: алгоритм решения изобретательских задач //Изобретатель и рационализатор. -1985, -№2.- С.30-31.
18. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. - М.: Моск.рабочий, 1973. – 296 с.
19. Попов А. Мозговой штурм // Изобретатель и рационализатор. – 1984, - №6 – С. 24-26.
20. Попов А. Метод контрольных вопросов // Изобретатель и рационализатор. – 1984. - №10 – С. 30-31.
21. Попов А. Синектика // Изобретатель и рационализатор. – 1984. - №12 – С.32-33.

22. Буш Г.Я. Аналогия и техническое творчество. Рига: Авотс, 1981. – 139 с.
23. Попов А. Морфологический анализ. // Изобретатель и рационализатор. – 1984. - №8 – С. 26-27.
24. Альтшуллер Г.С. Инструменты для творчества // Техника и наука. – 1979. – №10 - С. 25-26.
25. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Филатов В.И. Профессия – поиск нового. – Кишинев: Картя Молдовеняска, 1985. – 196 с.
26. Альтшуллер Г.С. Физэффекты – инструменты технического творчества // Техника и наука. – 1981. - №1 – С. 17-19.
27. Альтшуллер Г.С. Феполи могут все // Техника и наука, -1981. - №2 – С.17-18.
28. Альтшуллер Г.С. АРИЗ – значит победа / Правила игры без правил. Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия. – 1989. – 280 с.
29. Альтшуллер Г.С. Перспективы развития ТРИЗ // Журнал ТРИЗ. – 1990, т.1 - №2 – С.4-5.
30. Антонов А.В. Психология изобретательского творчества. – Петрозаводск: Карелия, 1977. – 190 с.
31. Методы поиска новых технических решений / Под ред. А.И. Половинкина. – Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1976. – 192 с.
32. Практикум з курсу (Основи науково-технічної творчості) / М.М. Косіюк, Г.П. Черменський. – Хмельницький: Поділля, 1998. – 280 с.

Додаток А

Таблиця А.1 - Таблиця вибору прийомів усунення технічних суперечностей

Що потрібно змінити за умовами задач		Що погіршується при зміні																			
		Вага рухомого об'єкта	Вага нерухомого об'єкта	Довжина рухомого об'єкта	Довжина нерухомого об'єкта	Площа рухомого об'єкта	Площа нерухомого об'єкта	Об'єм рухомого об'єкта	Об'єм нерухомого об'єкта	Швидкість	Сила	Напруження, тиск	Форма	Стійкість складу об'єкта	Міцність	Тривалість дії рухомого об'єкта	Тривалість дії рухомого об'єкта	Температура	Освітленість	Енергія, рухомим об'єктом	Енергія, не рухомим об'єктом
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Вага рухомого об'єкта			15.8 29.34		29.17 38.34		29.2 40.28		2.8 15.38	8.10 18.37	10.36 37.40	10.14 35.40	1.35 19.39	28.27 18.40	5.35 31.35		6.29 4.38	19.1 32	35.12 34.31	
2	Вага нерухомого об'єкта				10.1 29.35		35.30 13.2		5.35 13.2		8.1- 19.35	13.29 10.18	13.10 29.14	26.39 1.40	28.2 10.27		2.27 19.6	28.19 32.22	35 19.32		18.19 28.1
3	Довжина рухомого об'єкта	8.15 29.34				15.17 4		7.17 4.35		13.4 8	17.10 4	18 35	18 10.29	18 15.34	8.35 29.34	19		10.15 19	32	8.35 24	
4	Довжина нерухомого об'єкта		35.28 40.29				17.7 10.40		35.8 2.14		28.10	1.14 35	13.14 15.7	39.37 35	15.14 28.26		1.40 35	3.35 38.18	3.25		
5	Площа рухомого об'єкта	2.17 29.4		14.15 18.4				7.14 17.4		29.30 4.34	19.30 35.2	10.15 36.28	5.34 29.4	11.2 13.39	3.15 40.14	6.3		2.15 16	15.32 19.13	19.32	
6	Площа нерухомого об'єкта		30.2 14.18		26.7 9.39						1.18 35.36	10.15 36.37		2.38 40			2.10 19.30	35.39 38			
7	Об'єм рухомого об'єкта	2.26 29.40		17 35.4		1.7 4.17				29.4 38.34	15.35 36.37	6.35 36.37	1.15 29.4	28.10 1.39	9.14 15.7	6.35 4		34.39 10.18	10.13 2	35	
8	Об'єм нерухомого об'єкта		35.10 19.14	19.14 35.8	35.8 2.14						2.18 37	24.35	7.2 35	34.28 35.40	9.14 17.15		35.34 38	35.6 4			
9	Швидкість	2.28 13.38		13.14 8		29.30 34		7.29 34			13.28 15.19	6.18 38.40	35.15 18.34	28.33 1.18	8.3 26.14	3.19 35.5		28.30 36.2	10.13 19	8.15 35.38	
10	Сила	8.11 37.18	8.13 1.28	17.19 9.36	28.10	19.10 15	1.18 36.37	15.9 12.37	2.36 18.37	13.28 15.12		18.21 11	10.35 40.34	35.10 21	35.10 14.27		19.2	35.10 21		19.17 10	1.16 36.37
11	Напруження, тиск	10.36 37.40	13.29 10.18	35.10 36	35.1 14.16	10.15 36.28	10.15 36.37	6.35 10	35.24	6.35 36	36.35 21		35.4 15.10	35.33 2.40	19.18 3.40	19.3 27		35.39 19.2		14.24 10.37	
12	Форма	8.10 29.40	15.10 26.3	29.34 5.4	13.14 10.7	5.34 4.10		14.4 15.22	7.2 35	35.15 34.18	35.10 37.40	34.15 10.14		33.1 18.4	30.14 10.40	14.26 9.25		22.14 19.32	13.15 32	2.6 34.14	
13	Стійкість складу об'єкта	21.35 2.39	26.39 1.40	13.15 1.28	37	2.11 13	39	28.10 19.39	34.28 35.40	33.15 28.18	10.35 21.16	2.35 40	22.1 18.4		17.9 15	13.27 10.35	39.3 35.23	35.1 32	32.3 27.15	13.19	27.4 29.18

Продовження таблиці А.1

Що погіршується при зміні		Пружність	Втрати енергії	Втрати речовин	Втрати інформації	Втрати часу	Кількість речовин	Надійність	Точність вимірювання	Точність виготовлення	Шкідливі фактори, що діють на об'єкт	Шкідливі фактори, які генеруються самим об'єктом	Зручність виготовлення	Зручність експлуатації	Зручність ремонту	Адаптивність, універсальність	Складність устаткування	Складність контролю вимірювання	Ступінь автоматизації	Продуктивність
Що потрібно змінити за умовами задач		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	Вага рухомого об'єкта	12,36 18,31	6,2 34,19	5,35 3,31	10,24 35	10,35 20,28	3,26 18,31	3,11 1,27	28,27 35,26	28,35 26,18	22,21 18,27	22,35 31,39	27,28 1,36	35,3 2,24	2,27 28,11	29,5 15,8	26,30 36,34	28,29 26,32	26,35 18,1	35,3 24,37
2	Вага нерухомого об'єкта	15,19 18,22	18,19 28,15	5,8 13,30	10,15 35	10,20 35,26	19,6 18,26	10,28 8,3	18,26 28	10,1 35,17	32,19 22,37	35,22 1,39	28,1 9	6,13 1,32	2,27 28,11	19,15 29	1,10 26,39	25,28 17,15	2,26 35	1,28 15,35
3	Довжина рухомого об'єкта	1,35 35,39	7,2 35,39	4,29 23,10	1,24	15,2 29	29,35	10,14 29,40	28,32 4	10,28 29,37	1,15 17,24	17,15	1,29 17	15,29 35,4	1,28 10	14,15 1,16	1,19 26,24	35,1 26,24	17,24 26,36	14,4 28,29
4	Довжина нерухомого об'єкта	12,8	6,28	10,28 24,35	24,26	30,29 14		15,29 28	32,28 3	2,32 10	1,18		15,17 27	2,25	3	1,35	1,26	26		30,14 7,26
5	Площа рухомого об'єкта	19,10 32,18	15,17 30,26	10,35 2,39	30,26	26,4	29,30 6,13	29,9	26,28 32,3	2,32	22,33 28,1	17,2 18,39	13,1 26,24	15,17 13,16	15,13 10,1	15,30	14,1 13	2,36 26,18	14,30 28,23	10,26 34,2
6	Площа нерухомого об'єкта	17,32	17,7 30	10,14 18,39	30,16	10,35 4,18	2,18 40,4	32,35 40,4	26,28 32,3	2,29 18,36	27,2	22,1 40	40,16	16,4	16	15,16	1,18 36	2,35 30,18	23	10,15 17,7
7	Об'єм рухомого об'єкта	35,6 13,18	7,15 13,16	36,39 34,10	2,22	2,6 34,10	29,30	14,1 40,11	25,26 28	25,28 2,16	22,21 27,35	17,2 40,1	29,1 40	15,13 30,12	10	15,29	26,1	29,26 4	35,34 16,24	10,6 2,34
8	Об'єм нерухомого об'єкта	30,6		10,39 35,34		35,16 32,18	35,3	2,35 16		35,10 25	34,39 19,27	30,18 35,4	35		1		1,31	2,17 26		35,37 10,2
9	Швидкість	19,35 38,2	14,20 19,35	10,13 28,38	13,26		10,19 29,38	11,35 27,28	28,32 1,24	10,28 32,25	1,28 35,23	2,24 35,21	35,13 8,1	32,28 13,12	24,2 28,27	15,10 26	10,28 4,34	3,34 27,16	10,18	
10	Сила	19,35 18,37	14,15	8,35 40,5		10,37 36	14,29 18,36	3,35 13,21	35,10 23,24	28,29 37,36	1,35 40,18	13,3 36,24	15,37 18,1	1,28 3,25	15,1 11	15,17 18,20	26,35 10,18	36,37 10,19	2,35	3,28 35,37
11	Напруження, тиск	10,35 14	2,36 25	10,36 3,37		37,36 4	10,14 36	10,13 19,35	6,28 25	3,35	22,2 37	2,33 27,18	1,35 16	11	2	35	19,1 35	2,36 37	35,24	10,14 35,37
12	Форма	4,6 2	14	35,29 3,5		14,10 34,17	36,22	10,40 16	28,32 1	32,30 40	22,12 2,35	35,1 17,28	1,32 17,28	32,15 26	2,13 1	1,15 29	16,29 1,28	15,13 39	15,1 32	17,26 34,10
13	Стійкість складу об'єкта	32,35 27,31	14,2 39,6	2,14 30,40		35,27	15,32 35		13	18	35,24 18,30	35,40 27,39	35,19	32,35 30	2,35 10,16	35,30 34,2	2,35 22,26	35,22 39,23	1,8 35	23,35 40,3

Продовження таблиці А.1

Що погіршується при зміні		Вага рухомого об'єкта	Вага нерухомого об'єкта	Довжина рухомого об'єкта	Довжина нерухомого об'єкта	Площа рухомого об'єкта	Площа нерухомого об'єкта	Об'єм рухомого об'єкта	Об'єм нерухомого об'єкта	Швидкість	Сила	Напруження, тиск	Форма	Стійкість складу об'єкта	Міцність	Тривалість дії рухомого об'єкта	Тривалість дії рухомого об'єкта	Температура	Освітленість	Енергія, рухомим об'єктом	Енергія, не рухомим об'єктом
Що потрібно змінити за умовами задач		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14	Міцність	1,8 40,15	40,26 27,1	1,15 8,35	15,14 28,26	3,34 40,29	9,40 28	10,15 14,7	9,14 17,15	8,13 26,14	10,18 3,14	10,3 18,40	10,30 35,40	13,17 35		27,3 26		30,10 40	35,19	19,3 10	35
15	Тривалість дії рухомого об'єкта	19,5 34,31		2,19 9		3,17 19		10,2 19,30		3,35 5	19,2 16	19,3 27	14,26 28,25	13,3 35	27,3 10			19,35 39	2,19 4,35	28,6 35,18	
16	Тривалість дії нерухомого об'єкта		6,27 19,16		1,40 35				35,34 38					39,3 35,23				19,18 36,40			
17	Температура	36,22 6,38	22,35 32	15,19 9	15,19 9	3,35 39,18	35,38	34,39 40,18	35,6 4	2,28 36,30	35,10 3,21	35,39 19,2	14,22 19,32	1,35 32	10,30 22,40	19,13 39	19,18 36,40		32,30 21,26	19,15 3,17	
18	Освітленість	19,1 32	2,35 32	19,32 16		19,32 26		2,13 10		10,13 19	26,19 6		32,30	32,3 27	35,19	2,19 6		32,35 19		32,1 19	32,35 1,15
19	Енергія, що витрачається рухомим об'єктом	12,18 28,31		12,28		15,19 25		35,13 18		8,15 35	16,26 21,2	23,14 25	12,2 29	19,13 17,24	5,19 9,35	28,35 6,18		19,24 3,14	2,15 19		
20	Енергія, що витрачається нерухомим об'єктом		19,9 6,27								36,37			27,4 29,18	35				19,2 35,32		
21	Потужність	8,36 38,31	19,26 17,27	1,10 35,37		19,38	17,32 13,38	35,6 38	30,6 25	15,35 2	26,2 36,35	22,10 35	29,14 2,40	35,32 15,31	26,10 28	19,35 10,38	16	2,14 17,25	16,6 19	16,6 19,37	
22	Втрати енергії	15,6 19,28	19,6 18,9	7,2 6,13	6,38 7	15,26 17,30	17,7 30,18	7,18 23	7	16,35 38	36,38			14,2 39,6	26			19,38 7	1,13 32,15		
23	Втрати речовини	35,6 23,40	35,6 22,32	14,29 10,39	10,28 24	35,2 10,31	10,18 39,31	1,29 30,36	3,39 18,31	10,13 28,38	14,15 18,40	3,36 37,10	29,35 3,5	2,14 30,40	35,28 31,40	28,27 3,18	27,16 18,38	21,36 39,31	1,6 13	35,18 24,5	28,27 12,31
24	Втрати інформації	10,24 35	10,35 5	1,26	26	30,26	30,16		2,22	26,32						10	10		19		
25	Втрати часу	10,20 37,35	10,20 26,5	15,2 29	30,24 14,5	26,4 5,16	10,35 17,4	2,5 34,10	35,16 32,18		10,37 36,5	37,36 4	4,10 34,17	35,3 22,5	29,3 28,18	20,10 28,18	28,20 10,16	35,29 21,18	1,19 26,17	35,38 19,18	1
26	Кількість речовини	35,6 8,31	27,26 18,35	29,14 35,18		15,14 29	2,18 40,4	15,20 29		35,29 34,28	35,14 3	10,36 14,3	35,14	15,2 17,40	14,35 34,10	3,35 10,40	3,35 31	3,17 39		34,29 16,18	3,35 31

Продовження таблиці А.1

Що погіршується при зміні		Пружність	Втрати енергії	Втрати речовин	Втрати інформації	Втрати часу	Кількість речовини	Надійність	Точність вимірювання	Точність виготовлення	Шкідливі фактори, що діють на об'єкт	Шкідливі фактори, які генеруються самим об'єктом	Зручність виготовлення	Зручність експлуатації	Зручність ремонту	Адаптація, універсальність	Складність устаткування	Складність контролю вимірювання	Ступінь автоматизації	Продуктивність
Що потрібно змінити за умовами задач		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
14	Міцність	10,26 35,28	35	35,28 31,40		29,3 28,10	29,10 27	11,3	3,27 16	3,27	18,35 37,1	15,35 22,2	11,3 10,32	32,40 28,2	27,11 3	15,3 32	2,13 28	27,3 15,4-	15	29,35 10,14
15	Тривалість дії рухомого об'єкта	19,10 35,38		28,27 3,18	10	20,10 28,18	3,35 10,40	11,2 13	3	3,27 16,40	22,15 33,28	21,39 16,22	27,1 4	12,27 27	29,10 27	1,35 13	10,4 29,15	19,29 39,35	6,10	35,17 14,19
16	Тривалість дії нерухомого об'єкта	16		27,16 18,38	10	28,20 10,16	3,35 31	34,27 6,40	10,26 24		17,1 40,39	22	35,10	1	1	2		25,34 6,35	1	20,10 16,38
17	Температура	2,14 17,25	21,17 35,38	21,36 29,31		35,28 21,18	3,17 30,39	19,35 3,10	32,19 24	24	22,33 35,2	22,35 3,24	26,27	26,27	4,10 16	2,18 27	2,17 16	3,27 35,31	26,2 19,16	15,28 35
18	Освітленість	32	19,16 1,6	13,1	16	19,1 26,17	1,19		11,15 32	3,32	15,19	35,19 32,39	19,35 28,26	28,26 19	15,17 13,16	15,1 1,19	6,32 13	32,15	2,26 10	2,25 16
19	Енергія, що витрачається рухомим об'єктом	6,19 37,18	12,22 15,24	35,24 18,5		35,38 19,18	34,23 16,18	19,21 11,27	3,1 32		1,35 6,27	2,35 6	28,26 30	19,35	1,15 17,28	15,17 13,16	2,29 27,28	35,38	32,2	12,28 35
20	Енергія, що витрачається нерухомим об'єктом			28,27 18,31			3,35 31	10,36 23			10,2 22,37	19,22 18	14					19,35 16,25		16
21	Потужність		10,35 38	28,27 18,38	10,19	35,20 10,6	4,34 19	19,24 26,31	32,15 2	32,2	19,27 31,2	2,36 18	26,10 34	26,35 10	35,2 10,34	19,17 34	20,19 30,34	19,35 16	28,2 17	28,35 34
22	Втрати енергії	3,38		35,27 2,37	19,10	10,18 32,7	7,18 25	11,10 35	32		21,22 35,2	21,35 2,22		35,32 1	2,19		7,23	35,3 15,23	2	28,10 29,35
23	Втрати речовини	28,27 18,38	35,27 2,31			15,18 35,10	6,3 10,24	10,29 39,35	16,34 31,28	35,10 24,31	33,22 30,40	10,1 34,29	15,34 33	32,28 2,24	2,35 34,27	15,10 2	35,10 28,24	35,18 10,13	35,10 18	28,35 10,23
24	Втрати інформації	10,19	19,10			24,26 28,32	24,28 35	10,28 23			22,10 1	10,21 22	32	27,32				35,33	35	13,23 15
25	Втрати часу	35,20 10,6	10,5 18,32	35,18 10,39	24,26 28,32		35,38 18,6	10,30 4	24,34 28,32	24,26 28,18	35,18 34	35,22 18,39	35,28 34,4	4,28 10,34	32,1 10	35,28	6,29	18,28 32,10	24,28 35,30	
26	Кількість речовини	35	7,18 25	6,3 10,24	24,28 35	35,38 18,16		18,3 28,40	3,2 28	33,30	35,33 29,31	3,35 40,39	29,1 35,27	35,29 10,25	2,32 10,25	15,3 29	3,13 27,10	3,27 29,18	8,35	13,29 3,27

Продовження таблиці А.1

Що погіршується при зміні		Вага рухомого об'єкта	Вага нерухомого об'єкта	Довжина рухомого об'єкта	Довжина нерухомого об'єкта	Площа рухомого об'єкта	Площа нерухомого об'єкта	Об'єм рухомого об'єкта	Об'єм нерухомого об'єкта	Швидкість	Сила	Напруження, тиск	Форма	Стійкість складу об'єкта	Міцність	Тривалість дії рухомого об'єкта	Тривалість дії рухомого об'єкта	Температура	Освітленість	Енергія, рухомим об'єктом	Енергія, не рухомим об'єктом
Що потрібно змінити за умовами задач		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27	Надійність	3,8 10,40	3,10 8,28	15,9 14,4	15,29 28,11	17,10 14,16	37,35 40,4	3,10 14,24	2,35 24	21,35 11,28	8,28 10,3	10,24 35,19	35,1 16,11		11,28	2,35 3,25	34,27 6,40	3,35 10	11,32 13	21,11 27,19	36,23
28	Точність вимірювання	32,35 26,28	28,35 25,26	28,26 5,16	32,28 3,16	26,28 32,3	26,28 32,3	32,13 6		28,13 32,24	32,2 6,28	6,28 32	6,28 32	32,35 15	28,6 32	28,6 32	10,26 24	6,19 28,24	6,1 32	3,6 32	
29	Точність виготовлення	28,32 13,18	28,35 27,9	10,28 29,37	2,32 10	28,33 29,32	2,29 18,36	32,28 2	25,10 35	10,28 32	28,19 34,36	3,35	32,30 40	30,18	3,27	3,27 40		19,26	3,32	32,2	
30	Шкідливі фактори, що діють на об'єкт	22,21 27,30	2,22 13,24	17,1 39,4	1,18	22,1 33,28	27,2 39,35	22,23 37,35	34,39 19,27	21,22 35,28	13,35 39,18	22,2 37	27,1 3,35	35,24 30,18	18,35 37,1	22,15 33,28	17,1 40,33	22,33 35,2	1,19 32,13	1,24 6,27	10,2 22,37
31	Шкідливі фактори, які генеруються самим об'єктом	19,22 15,39	35,22 1,39	17,15 16,22		17,2 18,39	22,1 40	17,2 40	30,18 35,4	35,28 3,23	35,28 1,40	2,33 27,18	35,1	35,40 27,39	15,35 22,2	15,22 33,31	21,39 16,22	22,35 2,24	19,24 39,32	2,35 6	19,22 18
32	Зручність виготовлення	28,29 15,16	1,27 36,13	1,29 13,17	15,17 27	13,1 26,12	16,40	13,29 1,40	35	35,13 8,1	35,12	35,19 1,37	1,28 13,27	11,13 1	1,3 10,32	27,1 4	35,16	27,26 18	28,24 27,1	28,26 27,1	1,4
33	Зручність експлуатації	25,2 13,15	6,13 1,25	1,17 13,12		1,17 13,16	18, 16	1,16 35,15	4,18 39,31	18,13 34	28,13 35	2,32 12	15,34 29,28	32,35 30	32,40 3,28	29,3 8,25	1,16 25	26,27 13	13,17 1,24	1,13 24	
34	Зручність ремонту	2,27 35,11	2,27 35,11	1,28 10,25	3,18 31	15,13 32	16,25	25,2 35,11	1	34,9	1,11 10	13	1,13 2,4	2,35 2,9	1,11	11,29 28,27	1	4,10	15,1 13	15,1 28,16	
35	Адаптація, універсальність	1,6 15,8	19,15 29,16	35,1 29,2	1,35 16	35,30 29,7	15,16	15,35 29		35,10 14	15,17 20	35,16	15,37 1,8	35,30 14	35,3 32,6	13,1 35	2,16	27,2 3,35	6,22 26,1	19,35 29,13	
36	Складність устаткування	26,30 34,36	2,26 35,39	1,19 26,24	26	14,1 13,16	6,36	34,26 6	1,16	34,10 28	26,16	19,1 35	29,13 28,15	2,22 17,19	2,13 28	10,4 28,15		2,17 13	24,17 13	27,2 29,28	
37	Складність контролю вимірювання	27,26 28,13	6,13 28,1	16,17 26,24	26	2,13 18,17	2,39 30,16	29,1 4,16	2,18 26,31	3,4 16,35	36,28 40,19	35,36 37,32	27,13 1,39	11,22 39,30	27,3 15,28	19,29 25,39	25,34 6,35	3,27 35,16	2,24 26	35,38	19,35 16
38	Ступінь автоматизації	28,26 18,35	28,26 35,10	14,13 28,17	23	17,14 13		35,13 16		28,10	2,35	13,35	15,32 1,13	18,1	25,13	6,9		26,2 19	8,32 19	2,32 13	
39	Продуктивність	35,26 24,37	28,27 15,3	18,4 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31	10,35 17,7	2,6 34,10	35,37 10,2		28,15 10,36	10,37 14	14,10 34,40	35,3 22,39	29,28 10,18	35,10 2,18	20,10 16,38	35,21 28,10	26,17 19,1	35,10 38,19	1

Продовження таблиці А.1

Що погіршується при зміні		Пружність	Втрати енергії	Втрати речовин	Втрати інформації	Втрати часу	Кількість речовин	Надійність	Точність вимірювання	Точність виготовлення	Шкідливі фактори, що діють на об'єкт	Шкідливі фактори, які генеруються самим об'єктом	Зручність виготовлення	Зручність експлуатації	Зручність ремонту	Адаптація, універсальність	Складність устаткування	Складність контролю вимірювання	Ступінь автоматизації	Продуктивність
Що потрібно змінити за умовами задачі		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	44	35	36	37	38	39
27	Надійність	21,11 26,31	10,11 35	10,35 29,39	10,28	10,30 4	21,28 40,3		32,3 11,23	11,32 1	27,35 2,40	35,2 40,26		27,17 40	1,11	13,35 8,24	13,35 1	27,40 28	11,13 27	1,35 29,38
28	Точність вимірювання	3,6 32	26,32 27	10,16 31,28		24,34 28,32	2,6 32	5,11 1,23			28,24 22,26	3,33 39,10	6,35 25,18	1,13 17,34	1,32 13,11	13,35 2	27,35 10,34	26,24 32,28	28,2 10,34	10,34 28,32
29	Точність виготовлення	32,2	13,32 2	35,31 10,24		32,26 28,18	32,30	11,32 1			26,28 10,36	4,17 34,26		1,32 35,23	25,10		26,2 18		26,28 18,23	10,18 32,39
30	Шкідливі фактори, що діють на об'єкт	19,22 31,2	21,22 35,2	33,22 19,40	22,10 2	35,18 34	35,33 29,31	27,24 2,40	28,33 23,26	26,28 10,18			24,35 2	2,25 28,39	35,10 2	35,11 22,31	22,19 29,40	22,19 29,40	33,3 34	22,35 13,24
31	Шкідливі фактори, які генеруються самим об'єктом	2,35 18	21,35 2,22	10,1 34	10,21 29	1,22 4,28	3,24 39,1	24,2 40,39	3,33 26	4,17 34,26							19,1 31	2,21 27,1	2 2	22,35 18,39
32	Зручність виготовлення	27,1 12,24	19,35	15,34 33	32,24 18,16	35,28 34,4	35,23 1,24		1,35 12,18		24,2			2,5 13,16	35,1 11,9	2,13 15	27,26 1	6,28 11,1	8,28 1	35,1 10,28
33	Зручність експлуатації	35,34 2,10	2,19 13	28,32 2,24	4,10 27,22	4,28 10,34	12,35	17,27 8,40	25,13 2,34	1,32 35,23	2,25 28,39		2,5 12		12,26 1,32	15,34 1,16	32,25 12,17		1,34 12,3	15,1 28
34	Зручність ремонту	15,10 32,2	15,1 32,19	2,35 34,27		32,1 10,25	2,28 10,25	11,10 1,16	10,2 13	25,10	35,10 2,16		1,35 11,10	1,12 26,15		7,1 4,16	35,1 13,11		34,35 7,13	1,32 10
35	Адаптація, універсальність	19,1 29	18,15 1	15,10 2,13		35,28	3,35 15	35,13 8,24	35,5 1,10		35,11 32,31		1,13 31	15,34 1,16	1,16 7,4		15,29 37,28	1	27,34 35	35,28 6,37
36	Складність устаткування	20,19 30,34	10,35 13,2	35,10 28,29		6,29	13,3 27,10	13,35 1	2,26 10,34	26,24 32	22,19 29,40	19,1	27,26 1,13	27,9 26,24	1,13	29,15 28,37		15,10 37,28	15,1 24	12,17 28
37	Складність контролю вимірювання	19,1 16,10	35,3 15,19	1,18 10,24	35,33 27,22	18,28 32,9	3,27 29,18	27,40 28,8	26,24 32,28		22,19 29,28	2,21	5,28 11,29	2,5 12,26	12,26	1,15	15,10 37,26		34,21	35,18
38	Ступінь автоматизації	28,2 27	23,28	35,10 18,5	35,33	24,28 35,30	35,13	11,27 32	28,26 10,34	28,26 18,23	2,33	2	1,26 13	1,12 34,3	1,35 13	27,4 1,35	15,24 10	34,27 25		5,12 35,26
39	Продуктивність	35,20 10	28,10 29,35	28,10 35,23	13,15 23		35,38	1,35 10,38	1,10 34,28	32,1 18,10	22,35 13,24	35,22 18,39	35,28 2,24	1,28 7,19	1,32 10,25	1,35 28,37	12,17 28,24	35,18 27,2	5,12 35,26	

Додаток Б

Таблиця Б.1 - ПОКАЖЧИК ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ФІЗИЧНИХ ЕФЕКТІВ
І ЯВИЩ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ

Потрібна дія, властивість	Фізичне явище, ефект, фактор, спосіб
1	2
1. Зміна температури	Теплове розширення і викликана ним зміна власної частоти коливань. Термоелектричні явища. Спектр випромінювання. Зміна оптичних, електричних, магнітних властивостей. Перехід через точку Кюрі. Ефект Гопкінса і Баркхаузена.
2. Пониження температури	Фазові переходи. Ефект Джоуля-Томсона. Ефект Ранка. Магнітокалоричний ефект. Термоелектричні явища.
3. Підвищення температури	Електромагнітна індукція. Вихрові струми. Поверхневі ефекти. Діелектричний ефект. Електричні розряди. Поглинання випромінювання речовиною. Термоелектричні явища.
4. Стабілізація температури	Фазові переходи (в тому числі і перехід через точку Кюрі).
5. Індикація положення і переміщення об'єкта	Введення міток-речовин, що перетворюють зовнішні поля (люмінофори) або створюють свої поля (ферромагнетики) і тому легко виявляються. Відбивання і випромінювання світла. Фотоефект. Деформація. Рентгеновське і радіоактивне випромінювання. Люмінесценція. Зміна електричних і магнітних полів. Електричні розряди. Ефект Доплера.
6. Керування переміщенням об'єктів	Дія магнітним полем на об'єкт або на ферромагнетик, з'єднаний з об'єктом. Дія електричним полем на заряджений об'єкт. Передача тиску рідинами і газами. Механічні коливання. Відцентрові сили. Теплове розширення. Тиск світла.
7. Керування рухом рідини і газу	Капілярність. Осмос. Ефект Томсона. Ефект Бернуллі. Хвильовий рух. Відцентрові сили. Ефект Вайссенберга.
8. Керування потоками аерозолів (пил, дим, туман)	Електризація. Електричні і магнітні поля. Тиск світла.
9. Перемішування сумішей. Утворення розчинів	Ультразвук. Кавітація. Дифузія. Електричні поля. Магнітні поля в поєднанні з ферромагнітною речовиною. Електрофорез. Солюбізація.
10. Розділення сумішей	Електро-магнітна сепарація. Зміна густини рідини-розділювача під дією електричних і магнітних полів. Відцентрові сили. Сорбція. Дифузія. Осмос.
11. Стабілізація положення об'єктів	Електричні магнітні поля. Фіксація в рідинах, що твердіють в магнітних і електричних полях. Гігроскопічний ефект. Реактивний рух.
12. Силова дія. Регулювання сил. Створення великого тиску	Дія магнітним полем через ферромагнітну речовину. Фазові переходи. Теплове розширення. Відцентрові сили. Зміна гідростатичних сил зміною уявної густини магнітної або електропровідної рідини в магнітному полі. Використання вибухових речовин. Електрогідравлічний ефект. Оптикогідравлічний ефект. Осмос.

Продовження таблиці Б.1

1	2
13. Зміна тертя	Ефект Джонсона-Рабека. Дія випромінювання. Явище Крагельського. Коливання.
14. Руйнування об'єкта	Електричні розряди. Електрогідролічний ефект. Резонанс. Ультразвук. Кавітація. Індуктивне випромінювання.
15. Акумуляування механічної і теплової енергії	Пружні деформації. Гігроскопічний ефект. Фазові переходи.
16. Передача енергії: - механічної - теплової - променевої	Деформації. Коливання. Ефект Олександрова. Хвильовий рух, в тому числі ударні хвилі. Випромінювання. Теплопровідність. Конвекція. Явище відбивання світла (світловоди). Індуктивне випромінювання.
17. Встановлення взаємодії між рухомими (змінними) і нерухомими (незмінними) об'єктами	Використання електромагнітних полів (перехід від «речовинних» зв'язків до «польових»)
18. визначення розмірів об'єктів	Вимірювання власної частоти коливань. Нанесення і рахування магнітних і електричних міток.
19. Змінювання розмірів об'єкта	Теплове розширення. Деформація. Магнітоелектрострикація. Пієзоелектричний ефект.
20. Контроль стану і властивостей поверхні	Електричні розряди. Відбивання світла. Електронна емісія. Муаровий ефект. Випромінювання.
21. Зміна поверхневих властивостей	Тертя. Адсорбція. Дифузія. Ефект Баушингера. Електричні розряди. Механічні і акустичні коливання. Ультрафіолетове випромінювання.
22. Контроль стану і властивостей в об'ємі	Введення «міток» - речовин, що перетворюють зовнішні поля (люмінофори) або створюють свої поля (ферромагнетики), залежно від стану і властивостей досліджуваної речовини. Зміна питомого електричного опору в залежності від зміни структури і властивостей об'єкта. Взаємодія із світлом. Електро- і магнітооптичні явища. Поляризоване світло. Рентгенівське і радіоактивне випромінювання. Електричний парамагнітний і ядерний магнітний резонанси. Магніто пружний ефект. Перехід через точку Кюрі. Ефекти Гопкінса і Баркхаузена. Вимірювання власної частоти коливань об'єкта. Ультразвук. Ефект Мессбауера. Ефект Холла.
23. Зміна об'ємних властивостей	Зміна властивостей рідини (уявної густини, в'язкості) під дією електричних і магнітних полів. Введення ферромагнітної речовини і дія магнітним полем. Теплова дія. Фазові переходи. Іонізація під дією електричного поля. Ультрафіолетове, рентгенівське, радіоактивне випромінювання. Деформація. Електричні і магнітні поля. Ефект Баушингера. Термоелектричні, термомагнітні і магнітооптичні ефекти. Кавітація. Фотохромний ефект. Внутрішній фото-ефект.

Продовження таблиці Б.1

1	2
24. Створення завданої структури. Стабілізація структури об'єкта.	Інтерференція хвиль. Стоячі хвилі. Муаровий ефект. Магнітні поля. Фазові переходи. Механічні і акустичні коливання. Кавітація.
25. Індикація електричних і магнітних полів	Осмос. Електризація тіл. Електричні розряди. П'єзоелектричні розряди. П'єзо- і сегнетоелектричні ефекти. Електрети. Електронна емісія. Електрооптичні явища. Ефекти Гопкінса і Баркхаузена. Ефект Холла. Ядерний магнітний резонанс. Гіромагнітні і <input type="checkbox"/> егнітооптичні явища.
26. Індикація випромінювання	Оптико-акустичний ефект. Теплове розширення. Фотоефект. Люмінесценція. Фото пластичний ефект.
27. Генерація електромагнітного випромінювання	Ефект Джозефсона. Явище індукованного випромінювання. Тунельний ефект. Люмінесценція. Ефект Ганна. Ефект Черенкова
28. Керування електромагнітними полями	Екранування. Зміна стану середовища, наприклад, збільшення його електропровідності. Зміна форми поверхні тіл, що взаємодіють з полями.
29. Керування потоками світла. Модуляція світла.	Заломлення і відбивання світла. Електро- і магнітооптичні явища. Ефекти Керра і Фарадея. Ефект Ганна. Ефект Франца-Келдиша.
30. Ініціювання і інтенсифікація хімічних <input type="checkbox"/> ерстворень	Ультразвук. Кавітація. Ультрафіолетове, рентгенівське, радіоактивне випромінювання. Електричні розряди. Ударні хвилі. Міцелярний каталіз.

Додаток В

Таблиця В.1 - ПОКАЖЧИК ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ЕФЕКТІВ

Геометрична форма	Реалізований ефект, функція
1. Сипке тіло	Створення опори. Фіксація тіл, кріплення. Амортизація. Руйнування взаємодії тіл. Нові матеріали.
2. Щиткові конструкції	Забезпечення контакту. З'єднання тіл. Обробка поверхонь, копіювання. Орієнтування тіл. Розсіювання енергії.
3. Спираль, гвинтова форма	Перетворення обертового руху в поступальний. Створення оболонок, конструкцій із змінними розмірами. Амортизація. Транспортування
4. Стрічка Мебіуса	Збільшення довжини і площі тіл в обмеженому просторі. Вирівнювання навантаження.
5. Кульова конструкція. Сфера	Фокусування потоків. Забезпечення свободи переміщень. Датчики рівня. Демпфування. Передача зусиль, енергії. Фіксація тіл.
6. Еліпс	Фокусування потоків. Створення коливань.
7. Парабола	Фокусування і формування потоків.
8. Гіперболоїд	Жорсткі конструкції. Регулювання об'ємів.
9. Трикутник Рьолло	Передача зусилля (обертання). Створювання вібрацій.

Додаток Д

Таблиця Д.1 - Показник використання деяких хімічних ефектів і явищ при розв'язанні винахідницьких задач

Потрібна дія	Хімічний ефект, фактор, спосіб, явище
1. Перетворення речовин:	
1.1. Перенесення в просторі	Транспортні реакції. Термохімічний метод. В стиснутих газах. В гідридах. У вигляді частин майбутнього з'єднання. В адсорбентах.
1.2. Зміна об'єму	Перехід в хімічно зв'язаний вид. Перехід в гідриди. Екзотермічні реакції. Розчинення. Вибух. Транспортні реакції.
1.3. Зміна електричних властивостей	Гідрування. Відновлення окислів. Розчинення солей. Зміщення хімічної рівноваги. Електрохромі. Комплекси.
1.4. Перетворення двох і більше речовин в одну	Хімічне зв'язування газів. Газові гідрати. Окислення - відновлення. Розчинення. Озонування. Комплекси. Стиснуті гази.
1.5. Руйнування речовин	Транспортні реакції. Термохімічний метод. Насичення воднем. Спалювання. Розчинення.
1.6. Одержання нових речовин (синтез)	Хімічне зв'язування газів. Відновлення із окисів. Молекулярне само складання. Комплекси. Окислювачі. Озон іди. Озонування.
2. Перетворення енергії:	
2.1. Одержання тепла	Спалювання газогідратів. Спалювання водню. Екзотермічні реакції. Сильні окислювачі. Енергомісткі речовини.
2.2. Одержання холоду	Розклад газогідратів. Гідриди. Ендотермічні реакції. Розчинення.
3. Перетворення інформації:	
3.1. Індикація поточної інформації про речовину	Хемілюмінесценція. Флуоресценція. Гідро фотографія. Гідродинаміка потоків.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗЧИК

- Активізація творчого мислення 39.
- Алгоритм рішення винахідницьких задач 71-73.
- Аналогія 29,31.
- Асоціативні методи пошуку технічних рішень 39, 42-43.
- Брайнстормінг 47.
- Відкриття 11.
- Винахід 12, 68.
- Генератори ідей 48.
- Головні показники технічної системи 60, 63-67.
- Діалектичний метод 8.
- Ідеально кінцевий результат (ІКР), 91.
- Інверсія 28.
- Інерція мислення 26.
- Інтуїція 18.
- Католога метод 40.
- Коефіцієнт інтелектуальності 23.
- Морфологічний аналіз 55, 57-59.
- Наукова творчість 7.
- Протиріччя технічні 8, 9, 23.
- Психологічна інерція 25-27.
- Раціоналізаторська пропозиція 12.
- Реполь 95,97.
- Синектика 51, 53, 55.
- Система технічна 60.
- Списки контрольних запитань 45.
- Творчі здібності 19-22, 24.
- Творчість науково-технічна 7.
- Технічні протиріччя 9,10-11.
- Рівні творчості 13-14, 16.
- Показник фізичних ефектів 126-128.
- Фокальних об'єктів метод 41-42.
- Фонд типових прийомів 73, 78-91.
- Фонд фізичних ефектів 69, 111.
- Фонд евристичних прийомів 39.
- Штурм мозковий 47,48-50.
- Евристика 37,38.
- Емпатія 31,32.