

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Кулєшков Ю.В., Руденко Т.В., Красота М.В.,
Магопець С.О., Бевз О.В., Осін Р.А.*

ПРИНЦИПИ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ

Навчальний посібник

УДК 378.147:6

*Рекомендовано вченою радою ЦНТУ як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів
Протокол №1 від 30.09.2019*

Рецензенти:

Осадчий С.І. -	доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів Центральноукраїнського національного технічного університету
Кириченко А.М. -	доктор технічних наук, професор, декан механіко-технологічного факультету Центральноукраїнського національного технічного університету

Кулешков Ю.В., Руденко Т.В., Красота М.В., Магопєць С.О., Бєвз О.В., Осін Р.А. Принципи інженерної творчості. Навчальний посібник. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019.- 105 с.

Навчальний посібник призначений для студентів старших курсів вищих навчальних закладів, які здобувають технічну освіту та викладачів, що займаються творчою діяльністю і пошуком нових технічних рішень при вдосконаленні технічних систем.

У навчальному посібнику наведені найбільш поширені методи активізації творчого мислення. Основна увага приділена методам вдосконалення технічних систем та теорії розв'язання винахідницьких задач.

Для найефективнішого засвоєння найбільш складних методів наведені приклади використання при розв'язанні конкретних задач. В посібнику викладена авторська методика вдосконалення технічних систем.

© Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко, Красота М.В., Магопєць С.О., Бєвз О.В., Осін Р.А., 2019

© ЦНТУ, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8, 2019 р.

Зміст

Вступ		5
Розділ 1	Творчість як основна якість людини	7
Розділ 2	Класифікація методів технічної творчості	10
Розділ 3	Первинні поняття про техніку, творчість, технічну творчість, винахідництво	12
Розділ 4	Метод спроб і помилок	16
	4.1 Поняття про метод спроб і помилок	16
	4.2 Основні принципи методу спроб та помилок	18
	4.3 Шляхи вдосконалення методу спроб і помилок	20
	4.4 Недоліки властиві методу спроб і помилок	22
Розділ 5	Евристичні методи активізації пошуку нових технічних рішень	24
	5.1 Про методи Леонардо да Вінчі	25
	5.2 Правила раціонального мислення	26
Розділ 6	Метод мозкового штурму	29
	6.1 Короткі відомості про мозковий штурм	29
	6.2 Основні правила проведення мозкового штурму	30
	6.3 Розвиток і вдосконалення методу мозкового штурму	31
	6.4 Область застосування методу мозкового штурму	32
Розділ 7	Асоціативні методи пошуку технічних рішень	35
	7.1 Короткі відомості про асоціативні методи активізації творчого мислення	35
	7.2 Метод фокальних об'єктів	41
	7.3 Метод гірлянд випадковостей і асоціацій	42
Розділ 8	Метод контрольних запитань	44
	8.1 Короткі відомості про метод контрольних запитань	44
	8.2 Список контрольних запитань по А. Осборну	46
	8.3 Список контрольних запитань по Т. Эйлоарту	47
	8.4 Розвиток методу контрольних запитань	50
	8.5 Область застосування методу контрольних запитань	53
	8.6 Приклад розв'язання задач за допомогою методу контрольних запитань	54
Розділ 9	Метод морфологічного аналізу	56
	9.1 Короткі відомості про морфологічний аналіз	56
	9.2 Порядок вирішення винахідницьких задач за допомогою морфологічного аналізу	57
	9.3. Морфологічний аналіз як прототип системного підходу при вдосконаленні технічних систем	60
	9.4. Шляхи скорочення числа альтернативних варіантів, пропонованих методом морфологічного аналізу технічних систем	60

	9.5. Приклади розв'язання винахідницьких задач за допомогою морфологічного аналізу	61
	9.6. Прогнозування розвитку технічних систем за допомогою морфологічного аналізу	64
	9.7 Область застосування методу морфологічного аналізу	69
	9.8. Таблиця законів природи	69
	9.9 Переваги і недоліки методу морфологічного аналізу	70
Розділ 10	Синектика	72
	10.1 Короткі відомості про синектику	72
	10.2. Структура сучасного синектичного процесу	73
	10.3. Область застосування синектики	79
	10.4. Приклади розв'язання технічних задач за допомогою синектики	80
Розділ 11	Правила постановки задачі	83
	11.1. Постановка задачі	83
	11.2. Поняття технічної проблеми і задачі	86
	11.3. Про найпростіші правила підходу до вирішення винахідницьких задач (авторська методика)	87
Додаток А	Коротка біографія Роберто ді Бартіні	95
Література		105

ВСТУП

Рівень і темпи розвитку людської цивілізації багато в чому визначаються діяльністю творчих людей, які створюють нові за задумом культурні та матеріальні цінності. Ключовим напрямком технічної творчості є винахідницька діяльність.

Саме творчі люди створили другий світ, світ штучної природи, світ речей. Для цього вони придумали безліч способів використання і переробки природних матеріалів, а також перетворення енергії води, вітру, сонця, викопного палива в енергію різних силових установок. Це, в свою чергу, дозволило не тільки вивчити всі куточки Землі, але і вийти в космічний простір.

На сучасному етапі розвитку суспільства поліпшення його добробуту і якості життя залежить від постійного підвищення ефективності виробництва і продуктивності праці на основі широкого впровадження досягнень науки і техніки. Вирішальна роль в створенні принципово нових технологій і технічному переозброєнні всього народного господарства відводиться машинобудуванню, а успішність вирішення цього завдання визначається, перш за все, творчим потенціалом інженерно-технічних працівників.

Прагнення підвищити ефективність інженерної праці призвело до створення значного арсеналу спеціальних наукових методів, що дозволяють в тій чи іншій мірі активізувати мислення, успішно розвивати і реалізувати творчі здібності людини.

У навчальних програмах багатьох технічних навчальних закладів з'явилися також відповідні спеціальні дисципліни, такі як «Принципи інженерної творчості», «Основи наукових досліджень» покликані дати студентам ці знання і практичні навички. З цієї тематики видана і відповідна література.

Відмінні риси даного навчального посібника полягають в комплексному охопленні основних наукових концепцій, методик і прийомів, створених науковим співтовариством і новаторами в цій області. У взаємозалежній і логічно послідовній формі розкриваються основні поняття про творчий процес, закономірності будови і еволюції розвитку технічних систем, розглядаються методи активзації творчого мислення, зокрема метод контрольних запитань, асоціативні методи пошуку нових ідей, метод «мозкового штурму» з його різновидами, синектика, метод морфологічного аналізу, розкриваються типові прийоми вирішення винахідницьких задач.

Одним з головних недоліків в підготовці більшості випускників інженерних спеціальностей є невміння самостійно ставити

нові задачі, невміння вирішувати завдання пошуку нових конструкторсько-технологічних рішень на рівні винаходів, які забезпечують в підсумку підвищення якості продукції, досягнення світового рівня, всебічну інтенсифікацію і економію ресурсів. Навчальний процес в основному побудований на вирішенні таких теоретичних і практичних завдань, для яких вже є готова постановка задачі, дається спосіб її вирішення у вигляді чіткого алгоритму, є приклади розв'язання задач за цим способом, а викладачеві (а часто і студенту) відома відповідь. При цьому, вирішення задачі часто перетворюється на рутинну роботу, яка потребує глибоких творчих роздумів.

На додаток, до придбання навичок вирішення таких завдань майбутній фахівець зобов'язаний оволодіти знаннями і навичками вирішення творчих інженерних задач, в яких немає готової постановки, невідомий спосіб вирішення, немає близьких прикладів вирішення аналогічних завдань, а викладачеві - невідомий відповідь, зазвичай має кілька варіантів.

Історія розвитку людства - це перш за все історія винаходу, створення і вдосконалення різних виробів і технологій. Систематичне використання і обробка нашими далекими предками каменю і палиці, що почалися близько мільйона років тому, технологія добування і використання вогню, що виникла приблизно 100 тис. років тому, лук і стріли з кремнієвими наконечниками, що з'явилися близько 10 тис. років тому, візок з колесами, виплавка бронзи, водяне колесо, токарний верстат, скрипка, парова машина, пластмаси, телевізор, обчислювальна машина, космічний апарат, штучне серце і безліч багато іншого - все це результати дивного, болісного і величного процесу, який називається творчістю.

Цілі і завдання цієї навчальної дисципліни - навчання навичкам постановки і вирішення задач пошуку (винаходи) нових, більш ефективних конструкторсько-технологічних рішень. Такі завдання виникають при розробці нових машин, приладів, технологічного обладнання та технологій, при виконанні планових робіт з реконструкції та модернізації. Рішення проблеми інтенсивного розвитку економіки висунуло велику кількість додаткових творчих інженерних задач, пов'язаних з економією трудових ресурсів, сировини, матеріалів і енергії.

РОЗДІЛ 1

ТВОРЧИСТЬ ЯК ОСНОВНА ЯКІСТЬ ЛЮДИНИ

Метою цього розділу є переконати слухача (студента) в тому, що творчість є однією з базових основних рис людини.

У чому полягає цінність людини як особистості? Цінність людини полягає: *«...саме в тому факті, що особистість містить єдиноприродні з божеством здібності творчості, любові і свободи... В цьому полягає її абсолютна цінність.*

Відносна ж її цінність залежить від стадії висхідного шляху, від суми зусиль - її власних і провінденціальних, - витрачених на досягнення нею цієї стадії, і від того, якою мірою вона ці здібності боготворчості та любові виявляє в житті».

Такі вступні слова знадобилися для того, щоб показати, наскільки важлива творчість як божественний початок людини, що відрізняє її від решти світу.

Творчості можна дати визначення як діяльності породжувати щось якісно нове і яке відрізняється неповторністю, оригінальністю, і суспільно-історичною унікальністю. Творчості підвладні буквально всі сфери людської діяльності.

Однак, як творити? З чого почати? Цього не вчить ні одна школа, жоден вищий навчальний заклад. Втрати людства від недосконалої технології творчості, а точніше, від відсутності такої технології, не піддаються обчисленню. Кожен творить як бог на душу покладе, кожен шукає свій творчий шлях у науці, мистецтві та інших сферах людської діяльності. І це правильно, але існують загальні об'єктивні закономірності у творчості і кожен змушений їх перевіряти для себе, або ж «творити» на примітивному рівні - методом спроб і помилок фактично змінюючи відсутність відомих знань на неадекватні витрати часу. При цьому, витрачається чимало коштів, ресурсів і головне людських сил, та часу з недостатньо високою ефективністю, які могли б бути використані за своїм прямим призначенням.

Сучасний інженер повинен володіти досить серйозним набором системних компетенцій, при цьому важливу частину його роботи становлять:

- визначення та оцінка нових технічних задач;
- розуміння того, як люди будуть застосовувати розробленим прилади та пристрої;
- передбачення ефекту, який викличе появу в продажу нового пристрою.

Таким чином, діяльність інженера залежить від потреб суспільства, визнання корисності винаходів і того, як ці винаходи допомагають людям.

За кордоном в кваліфікації інженера цінуються знання і навички по забезпеченню зв'язків виробництва з ринком (економіка, маркетинг, психологія, соціологія). І, якщо сьогодні на ринку праці поки ще затребуваний інженер, який може обійтися традиційними методами проектування і створення техніки, то в майбутньому такий фахівець буде безпорадний без володіння методами аналізу і прогнозування ситуації. Звідси, способи зниження факторів розплати укупі з винахідництвом стають найважливішою складовою підготовки інженера ХХІ-го століття.

Евристика

Давно було помічено, що після вирішення задачі часто стає видимим той шлях, по якому слід було йти. Відповідно, також давно виникла думка про необхідність упорядкування пошуків і створення науки про вирішення творчих задач.

Термін «евристика» з'явився в «Математичному збірнику» грецького математика Паппа, що жив в 3-му столітті н. е., - так Папп назвав науку про те, як робити винаходи і відкриття. В створення евристики свій внесок внесли Декарт, Лейбніц, Больцано, Пуанкаре.

Творці і послідовники евристики ставили собі за мету знайти універсальні правила для всіх видів творчості, але протягом сімнадцяти століть таких правил створити не вдалося.

Це пояснюється тим, що, по-перше, ставилася занадто загальна мета, по-друге, виробництво винаходів хоча і йшло повільно, але цілком задовольняло попит, і, по-третє, техніки нічого спільно-

го не бажали мати з психологією, повністю ігноруючи психологічні особливості творчості, а психологи не враховували закономірностей розвитку науки і техніки. Всі спроби створити якусь схему були подібні до висловлювання Юлія Цезаря, який здобув Віфінію: «Veni. Vedi. Vici - Прийшов. Побачив. Переміг».

У 1944 році американський математик Д. Пойа писав про евристику: «... так називалася не зовсім чітко окреслена область досліджень, що відноситься то до логіки, то до філософії, то до психології. Вона часто характеризує в загальних рисах, рідко викладалася детально і, по суті, забута в даний час».

Виникнення кібернетики та створення ЕОМ дозволило здійснювати небачений перебір варіантів рішень, і на час, про евристику забули, але, врешті-решт, спосіб перебору варіантів виявився нерациональним, і в 50-і роки знову згадали про евристику і необхідність відбору варіантів за певними ознаками.

Фонд евристичних прийомів на сьогоднішній день складає близько 140 різних модифікацій. Більш докладно робота з фондом евристичних прийомів описана в книзі А.І. Половинкина «Законобудови і розвитку техніки».

За останні 70 років були запропоновані десятки різних методів технічної творчості, іноді таких методів налічують до трьохсот. Основні з них - це «Мозковий штурм» А. Осборна (США), «Синектика» Ст. Гордона (США), морфологічний аналіз Ф. Цвикки (США), метод контрольних запитань С. Пірсона (США) і Т. Эйлоарта (Великобританія), функціонально - вартісний аналіз Л. Майлза (США) і Ю. Соболева (СРСР) та ін. Кожен раз, навколо чергового нового способу піднімався рекламний галас, який стверджував, що цим методом підвладні всі можливі задачі. Однак, незабаром виявлялося, що це далеко не так. І, тільки з кінця 50-х років, в СРСР починає розвиватися наука, що зробила серйозний крок в області технології творчості. Ця наука поки що не має усталеної назви, але вона продовжує розвиватися. Її умовно називають наукою про закони розвитку творчого мислення (ЗРТМ).

Виникнення ЗРТМ було пов'язане з такою специфічною областю творчості як винахідництво. Це пояснюється тим, що саме в техніці зберігся документальний опис «народження і розвитку»

практично будь-якої технічної системи у вигляді багатомільйонного патентного фонду. Будь-який патент представляє собою опис стану технічної системи (ТС) до останнього часу і опис тієї зміни, того вдосконалення, яке пропонується провести з даною ТС. Важко знайти іншу сферу людської діяльності, яка має такий фонд.

Закономірним є виникнення питання про те, чому автори вважають саме ЗРТМ революційним переворотом у технології творчості? Тут потрібно навести декілька положень доступних будь-якому читачеві. Мова піде головним чином про технічні системи (ТС). Але, як буде сказано нижче, цим же законам підпорядковуються й інші системи, наприклад: живопис, література, музика, скульптура, кіномистецтво.

РОЗДІЛ 2

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

Метою цього розділу є ознайомити студента з основними методами технічної творчості та систематизувати їх за певними критеріями

Метою використання методів творчості є прискорення процесу вирішення проблем та підвищення якості рішень (зменшення суспільно-необхідної праці на одиницю вироблених життєвих благ). Основою методів служать три складові частини інженерної творчості. Відповідно до запропонованої концепції трьома складовими частинами інженерної творчості є:

- системний підхід;
- закони розвитку техніки;
- методи прийняття рішень.

Нижче наведено класифікацію існуючих методів пошуку рішень по типу стратегії пошуку (три класи):

- евристичні методи (стратегія випадкового пошуку);
- методи функціонально-структурного дослідження об'єктів;

- клас комбінованих алгоритмічних методів (стратегія логічного пошуку).

У число евристичних методів входять такі методи як [1]:

- «мозковий штурм» (А. Осборн: поділ в просторі і в часі генераторів ідей і критиків);
- синектика (У. Гордон);
- фокальні об'єкти (Ч. Вайтінг);
- гірлянди випадковостей і асоціацій (Г. Буш, СРСР);
- списки контрольних питань (Д. Пойа, А. Осборн, Т. Ейло-арт).

Евристичні методи не можуть гарантувати отримання оптимального варіанту рішення, так як об'єкт спеціально не вивчається.

До класу функціонально-структурного дослідження відносять такі методи [1]:

- морфологічний аналіз (Ф. Цвіккі, 30-е рр.);
- матриці відкриття (А. Моль);
- десяткові матриці пошуку (Р. Повілейко, Новосибірськ);
- функціональне конструювання (Р. Коллер);
- морфологічна класифікація (В. Одрін).

Системним пошуком [1] є системне дослідження об'єкта. Стратегія пошуку вирішення проблеми заснована на складанні п-мірної статичної матриці за ознаками досліджуваного об'єкта. Осередки в перетинах рядків і стовпців відображають всі можливі реалізації.

В [1] перераховані основні етапи морфологічного аналізу по Ф. Цвіккі.

1. Формулювання задачі з зазначенням умов та обмежень.
2. Складання структури об'єкта і його функцій як основи для вирішення задачі.
3. Складання можливих варіантів реалізації окремо за кожною ознакою (властивості).
4. Оцінка всіх отриманих варіантів вирішення задачі.
5. Вибір найкращого варіанту вирішення задачі.

До класу комбінованих алгоритмічних методів відносяться [1]:

- алгоритм розв'язання винахідницьких завдань - АРВР (Г. Альтшуллер, РФ);
- узагальнений евристичний метод (А. Половинкин);
- комплексний метод пошуку рішень технічних проблем (Б. Голдовський);
- фундаментальний метод проектування (Е. Метчетт);
- еволюційна інженерія (С. Пушкарьов).

Пошук рішень з використанням цих методів є системним і цілеспрямованим [1].

В результаті аналізу класифікації на основі трьох стратегій пошуку виявляється більш суворою класифікація за двома стратегіями: неформалізовані та формалізовані системні методи пошуку рішень. При цьому АРВР представляється як один із сценаріїв пошуку, в якому складовою частиною (одним з етапів АРВР) є метод системних досліджень (структурно-функціональний аналіз, або, інакше кажучи, морфологічний метод).

РОЗДІЛ 3

ПЕРВИННІ ПОНЯТТЯ ПРО ТЕХНІКУ, ТВОРЧІСТЬ, ТЕХНІЧНУ ТВОРЧІСТЬ, ВІНАХІДНИЦТВО

Метою цього розділу є ознайомлення слухача (студента) з поняттями про техніку, творчість, технічну творчість, винахідництво.

Винахідництво - найдавніше заняття людини. З винаходом знарядь праці почався процес олюднення наших далеких предків. Перші винаходи були не створені людиною, а виявлені нею у готовому вигляді в природі. Люди ще не ставили завдань, вони відкривали готові рішення: знаходили і починали використовувати палиці, загострене каміння і т. д.

Колосальним кроком вперед було, початок використання вогню. Але, відразу ж перед людиною стали виникати винахідницькі

задачі. Як загострити камінь який затупився? Як зробити, щоб камінь зручніше було тримати в руці? Як вберегти вогонь від вітру і дощу? Як переносити вогонь з місця на місце?

Винахідництво - це не гра розуму, винахідництво – це необхідний фактор виживання людства на шляху розвитку, яким воно пішло. Людина була змушена займатись винахідництвом, щоб не зникнути з цього світу. Людина - єдина істота в живій природі, яка зуміла в жорстокій конкурентній боротьбі за життя, придбати нову якість - здатність мислити. Зачатки мислення були і у мавп, але тільки у людини мислення стало головним засобом боротьби за існування. З переходом від збиральництва до полювання різко зросла потреба в знаряддях, які збільшують фізичні потреби. Тут же, з'являється потреба в їх виробництві, ремонті, вдосконаленні. Це і є перший момент виникнення передісторії розвитку техніки.

Під *винахідництвом* будемо надалі розуміти процес творчого пошуку в галузі техніки.

Техніка – (від грец. мистецтво, майстерність, вміння) - сукупність засобів людської діяльності, створених для здійснення процесів виробництва і обслуговування невиробничих потреб суспільства.

В техніці матеріалізовані знання і виробничий досвід, накопичені людством в процесі розвитку суспільного виробництва. техніка полегшує трудові зусилля людини і збільшує їх ефективність, дозволяє перетворювати природу у відповідності з потребами суспільства. По мірі розвитку виробництва, техніка послідовно витісняє людину не тільки з області виконання технологічних функцій, але й з області управління.

Творчість – діяльність людини, що полягає у створенні нових, тих що мають суспільне значення, матеріальних чи духовних цінностей в науці, техніці, виробництві чи мистецтві.

Творчість – це діяльність, що породжує щось якісно нове, що відрізняється неповторністю, оригінальністю і суспільно-історичною унікальністю.

Технічна творчість, зокрема винахідництво, - це форма втілення наукових ідей в технічні рішення. Її плодами є проміжний результат технічного засвоєння наукових досягнень, що займають

проміжне положення між науковою ідеєю і матеріальним об'єктом техніки.

Винахід – це ідея, втілена в конкретну фізичну форму (опис, креслення, модель), яка показує її принципову здійсненність.

Техніка виникла одночасно із створенням людського суспільства, вона породжена людиною, вона служила йому засобом звільнення від рабської залежності від природи і задоволення її біологічних і соціальних потреб. В цьому і полягає діалектична сутність нерозривної єдності техніки і людського суспільства.

Причина виникнення і розвитку техніки полягає в суперечності між цілями (потребами) і засобами для реалізації цих цілей в діяльності людини. Якщо такого протиріччя немає, якщо суспільство задовольняється раніше створеними засобами для поставлених цілей, то ніщо не змусить людей взятися за створення нової техніки. Однак, така ситуація ще жодного разу не виникала в історії цивілізації: людина ніколи не зупиниться на досягнутому. Суперечності завжди були і немає причин сумніватися в тому, що їх не буде в майбутньому, цей тип суперечностей слід віднести до «вічних»: при вирішенні чергового протиріччя воно тут же відтворює іншу суперечність, але вже на більш високому щаблі розвитку техніки.

Приклад. В давнину головним сховищем людських знань (досвіду) була пам'ять людини. Знання передавалися від покоління до покоління за допомогою усного мовлення. Але поступово знання накопичувались настільки, що навіть спеціально тренована людина не змогла би їх всі запам'ятати. Як бути? Була винайдена писемність. Але, через певний проміжок часу наявність писемності призвело до нагромадження величезних масивів інформації, з якими все складніше і складніше було впоратися.

В даний час накопичено стільки інформації і вона так невпорядкована і розсіяна, що, найчастіше, провідні лабораторії світу свідомо повторно проводять аналогічні дослідження. Це деколи дешевше ніж знайти необхідну інформацію. Як бути в даній ситуації?

Очевидно, з часом будуть відкриті такі основоположні принципи, які дозволять отримувати, а не відшукувати, практично будь-яку інформацію, що цікавить Вас.

На чому ґрунтується така впевненість, що такі принципи існують і вони будуть знайдені? А вона ґрунтується на наступних фактах. В Єгипті жерцями були накопичена маса знань про властивості трикутників. В сучасній математиці ці знання згорнуті до декількох сторінок з галузі геометрії і тригонометрії.

Давнє італійське місто Піза - одне з найбільш освічених місць у Європі в XIII столітті. Тільки тут можна було досягнути великого мистецтва - ділення великих чисел. Не кожен досягав успіху - потрібні здібності та терпіння. Це було найбільше мистецтво вгадати в кілька спроб відповідь.

Потрібно було засвоїти безліч ознак подільності, але головне практика. Приходили в школу хлопці, щоб вийти з неї людьми середніх років. Але, з'явилися арабські цифри, а разом з ними і позиційна система числення та правила множення і ділення, якими володіє кожен другокласник. І метод спроб і помилок відступив.

Рішення квадратних і кубічних рівнянь на певному етапі розвитку математики було підвладне тільки видатним математикам того часу і було те саме що мистецтво. Сьогодні це «мистецтво» підвладне будь-якому школяру середньої школи. Можна навести ще цілий ряд прикладів, що підтверджують висловлювання, що на певному етапі розвитку будь-якої галузі людських знань настає етап, на якому всі попередні навички, знання та вміння будуть згорнуті.

Із зростанням потреб зростала кількість використаних людиною знарядь праці, простих технічних систем, а потім і більш складних, і в процесі розвитку техніки виникла безліч проблем і протиріч. Всі протиріччя вирішувалися єдиним способом - методом спроб і помилок. Цей метод відомий людству з найдавніших часів, але був сформульований і отримав назву лише в 1898 році.

РОЗДІЛ 4

МЕТОД СПРОБ І ПОМИЛОК

Метою цього розділу є ознайомлення слухача (студента) з основами універсального методу пошуку рішень – методу спроб і помилок, з його особливостями та вдосконаленими варіантами

4.1 Поняття про метод спроб і помилок. Як людина вигадує нове? Звідки беруться ідеї винаходів, раціоналізаторських рішень? Чому іноді дуже потрібна але і, здавалося б, очевидна ідея запізнюється на десятиліття, а інші ідеї з'являються за сторіччя до їх можливої реалізації? І немає недоліку у відповідях - в роботах психологів, у спогадах вчених і винахідників описується приблизно одне і те ж: людина постає перед складною проблемою, постійно подумки шукає відповідь, перебираючи варіанти, пробує, помиляється і, нарешті знаходить. Це і є метод перебору варіантів або, як його частіше називають, метод спроб і помилок (МСП) - найдавніший спосіб пошуку нового.

Методом спроб і помилок створювалися перші крем'яні ножі і луки, гармати і вітряні млини, будинки й кораблі. Надзвичайно досконалі човни російських поморів, китайські джонки, катамарани полінезійців. Кожна їх лінія, кожна найдрібніша деталь має найкращу форму. Їм здавалося, що вони завжди так будували. Проте розкопки показали, що ще півтисячі років тому ці судна були незрівнянно гірші. Повторюючи із століття в століття одні і ті ж обриси, будівельники тим не менш весь час вносили якісь зміни. Ті, які виявилися невдалими - найчастіше призводили до загибелі кораблів, губилися, а вдалі - закріплювалися. Це був довгий шлях, подібний до еволюції живої природи, який вимагав великих жертв і загибелі багатьох невдалих конструкцій.

Але, розвиток техніки все прискорювався, і МСП ставав все менш придатним для її подальшого вдосконалення. Неможливо будувати тисячі зразків, щоб відібрати найкращу конструкцію парової машини або швидкохідного крейсера. І тоді, на допомогу прийшла

наука - вивчення і використання законів природи. Вона дозволила шукати найкращий варіант за допомогою розрахунків і цілеспрямованих досліджень.

Сьогодні нікому і в голову не прийде будувати нові машини «на око», в розрахунку на те, що вдасться вгадати. І, тільки в області пошуку принципово нових рішень та ідей творчості, винахідництва все ще панує старий спосіб спроб і помилок.

Ніякі обмеження при цьому не визнаються: можна перевіряти будь-які варіанти. Зазвичай, перебір починають з простих, традиційних варіантів, потім переходять до чогось більш «дикого». Коли розглянуті сотні і тисячі варіантів, а рішення немає, в хід йдуть випадкові підказки: наприклад, погляд випадково впав на чайник - чи не можна використовувати чайник, пару, окріп...?

Ефективність перебору залежить від складності задачі, її можна охарактеризувати кількістю спроб, які необхідно зробити для отримання гарантованого результату - вирішення задачі. Історія винахідництва показує, що ця кількість може коливатись в дуже широких межах - від десятків спроб для самих простих завдань до сотень тисяч - для складних. МСП досить ефективний тоді, коли мова йде про необхідність перебрати 10...20 варіантів, але рішення більш складних задач пов'язане з неприпустимими втратами сил і часу. Тим не менше, з найдавніших віків винаходи робилися і, як правило, робляться, методом спроб і помилок.

Метод спроб і помилок шкідливий не тільки при вирішенні завдань, але і при їх постановці, так як зазвичай задача ставиться в випадковому, неточному формулюванні, часто без необхідної зате з надлишком непотрібної інформації. Метод спроб і помилок не дозволяє своєчасно «побачити» дійсно важливі проблеми і тим самим витісняє їх вирішення на десятиліття, а іноді і на століття. Так менісковий телескоп, за висловлюванням його винахідника Максutowa, міг бути створений ще за часів Декарта та Ньютона. Була потреба і можливість створення такого телескопа. Задачі просто не побачили, до спроб її розв'язання дійшли тільки в середині двадцятого століття. Флемінг, творець пеніциліну, стверджував, що його винахід міг бути зроблений років на 20 раніше і врятував би 6...20 млн. життів, зокрема, під час першої світової війни.

Неефективність методу спроб і помилок для вирішення складних завдань довгий час компенсували за рахунок збільшення числа людей, які працювали над тією чи іншою проблемою. До речі, ідею про науково-дослідний інститут вперше висловив Едісон, де над однією великою задачею працюють сотні співробітників. Але до середини XX століття стало очевидно, що найбільш повне використання людських ресурсів не може забезпечити необхідних темпів виробництва винаходів. З'явилася суспільна потреба в простих і доступних кожному методі пошуку нового. Відомо, що попит народжує пропозицію. І пропозиції не забарилися. На сьогодні відомо більше 50-ти різних методів пошуку нового. Далеко не всі вони однаково корисні. Серед них зустрічаються і не перевірені, надумані, штучно формалізовані методики, які не дають ніякого практичного виходу. Ряд методів мають обмежене застосування: за певних умов, для певного типу задач. Навіть при вирішенні однакових задач люди по-різному намагаються їх вирішити, по-своєму помиляються... Але, є і загальні риси, властиві всім.

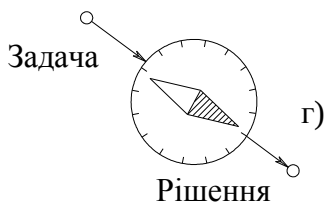
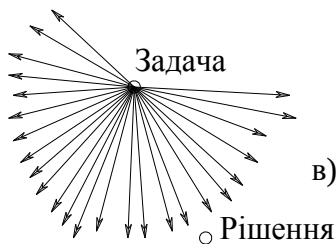
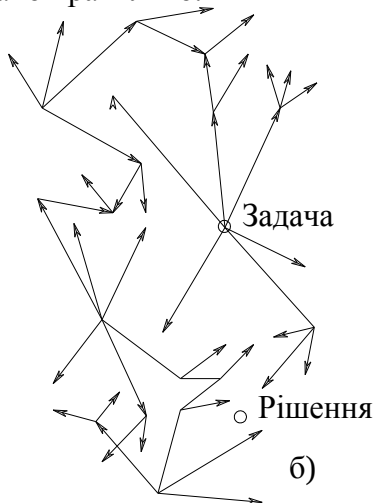
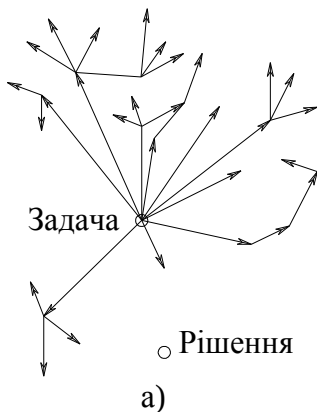
Пошук рішення можна представити так: людина знаходиться у вихідній точці «задачі», їй потрібно переміститися в точку рішення, але вона не знає, де ця точка; вона вибирає довільний напрямок, робить одну спробу, другу, третю, коли її сили рухатися в обраному напрямку закінчаться, змінює напрямок і робить нові спроби (рис. 1). Більшість спроб зосереджено в одному приблизному напрямку, звичному (найчастіше загально прийнятному, загальновідомому). А винахідницька задача тому й важка, що її вирішення необхідно шукати в новому несподіваному напрямку. Виходячи з моделі процесу пошуку, як серії більш або менш випадкових усвідомлених і неусвідомлених послідовних спроб, можна виділити два напрямки його ефективності: збільшення хаотичності і систематизація перебору варіантів.

4.2 Основні принципи методу спроб та помилок. Пошук нових технічних рішень один з найдавніших видів людської діяльності. Основним методом пошуку нових технічних рішень є і залишається до останнього часу метод спроб та помилок.

Суть його полягає в послідовному висуванні та розгляданні великої кількості варіантів. Якщо висунута ідея виявилась невдахою її відкидають, а потім висувають нову:

1. Правила висування ідей немає, в принципі, може бути висунута будь-яка ідея.

2. Не визначено і напрямок руху. При використанні МСП немає впевненості в тому, що при виявленні перших локальних успіхів (або невдач) напрямок руху вибрано правильно.



а – перебирання варіантів методом спроб і помилок; *б* – збільшення хаотичності перебирання варіантів (мозковий штурм, метод фокальних об'єктів, сінектика, тощо); *в* – систематизація перебору варіантів (морфологічний аналіз, метод використання контрольних запитань, функціональний аналіз, тощо); *г* – спрямований пошук рішень (теорія розв'язання винахідницьких задач)

Рисунок 1 - Послідовність пошуку нових рішень при використанні різних методів пошуку.

Приклад: При пошуку високозносостійкої в абразивному середовищі сталі Гатфільда (сталь 110Г13), що містить 1,0...1,3% вуглецю і 11...14% марганцю були виплавлені і випробувані сталі з вмістом марганцю 1...10%. При цьому ще варіювався і вміст вуглецю. Однак, в результаті отримували зразки, які не відрізнялися підвищеною зносостійкістю. Більш того, міцність цих сталей була нижчою, ніж у вихідних сталей. І лише вміст марганцю в сталі в межах 11...14% дає різкий якісний стрибок міцності і абразивної зносостійкості. При цьому виходить надефект - самозміцнення сталі при контакті з абразивом.

3. Немає і певних правил оцінки ідей. Придатна чи непридатна ідея - про це судять суб'єктивно. В минулі часи перебір ідей вели буквально навмання.

4.3 Шляхи вдосконалення методу спроб і помилок. Виникнення і розвиток науки почало накладати певні обмеження на висунуті ідеї. Накопичення технічних знань, досвіду формує у винахідників уявлення про те, що, в принципі, можливо, та що неможливо. Згідно з цим уявленням, людина «фільтрує» варіанти, відкидаючи те, що здається невдалим. Так могло статися і зі сталлю Гатфільда. Досліди могли бути припинені після перших десятків невдалих спроб. Збільшення ступеня «фільтрації» нових рішень головна тенденція в історичному напрямку розвитку МСП.

Сучасний інженер, приступаючи до роботи, насамперед знайомиться з досвідом попередників, зазначеним в технічній і патентній літературі. Вивчення цього досвіду дозволяє забезпечити перехід від винахідницької ситуації до винахідницької задачі та намітити певну концепцію пошуку напрямку, в якому слід шукати рішення. На вироблення пошукової концепції сильно впливає спеціальність та освіта, а також, особистий досвід вирішення творчих задач. В результаті виділяється, часом довільно, а найчастіше досить вузька область пошуку.

Інша тенденція розвитку МСП - заміна речових експериментів уявними. Об'єм знань доступних сучасному інженеру настільки великий, що результати багатьох спроб можуть бути передбачені заздалегідь. Інженер спирається при цьому не тільки на власні знання але і на неосяжний океан науково – технічних джерел інформації. Все це дозволяє теоретично оцінити більшість варіантів не вдаючись до реальних речових дослідів. Уявні експерименти йдуть набагато швидше, в цьому їх основна перевага і частіше всього на кілька порядків дешевше. Але, уявні експерименти суб'єктивні, вони не захищені від психологічних впливів.

Метод спроб і помилок цілком придатний для вирішення завдань першого рівня (число можливих варіантів не більше 10-ти). Метод прийнятний і тоді, коли доводиться вирішувати задачі другого рівня: перебравши кілька десятків варіантів досить наполегливий винахідник завжди знаходить правильне рішення. Інакше йде справа з задачами третього рівня, якщо рішення «заховано» серед сотень невипробуваних варіантів. Шлях до правильного рішення може розтягнутися на довгі роки. При цьому, відбувається своєрідна операція: незнання закономірностей розвитку технічних систем та відсутність методу пошуку нових технічних рішень обмінюються на деякий час: чим менше знань - тим більше часу необхідно витратити на вирішення задачі.

Далеко не кожен інженер може терпляче перебирати сотні варіантів рішень. Дуже часто рішення необхідно знайти терміново. До того ж немає ніякої гарантії, що навіть невичерпна завзятість буде винагороджена: правильну відповідь як і сотні попередніх пропозицій (рішень), мозок взагалі може не помітити або вважати невдалим. Буде наростати загальна кількість розглянутих випадкових варіантів, в хід підуть все більш складні розумові побудови, а правильний варіант залишиться десь позаду. Іноді, так і не знайшовши ефективного рішення, винахідник або погоджується на ідею, яка не піднімається над першим рівнем, або йде на компромісне рішення, яке не вирішує протиріччя, що виникло, або ж залишає вирішення прийдешнім поколінням.

Темпи розвитку техніки залежать насамперед від створення технічних систем (ТС), що використовують принципово новий під-

хід. Але, саме тут, при розв'язуванні винахідницьких задач (ВЗ) вищих рівнів МСП по суті безсилий. Немає людей, які могли б упевнено, одну за одною, вирішувати задачі 4...5 рівня складності. Навіть, якщо щасливий випадок допоможе людині впоратися з одною задачею, то немає ніякої гарантії, що він зможе впоратися з наступною.

Виникає питання, яким же методом вирішувалися задачі ціною в мільйон спроб. До 70...80 років минулого століття недосконалість МСП нічим не компенсувалася. Рішення розтягувалося часом на сотні років. Задачі поступово «перемололо» не одне покоління винахідників. З кінця минулого століття недосконалість МСП стали компенсувати. Наука дала закони, які накладають обмеження на висунення абсолютно довільних ідей, тим самим звужуючи поле пошуку. Едісон винайшов науково-дослідний інститут (НДІ), зосереджуючи на вирішенні однієї актуальної проблеми зусилля багатьох розробників. Велике «пошукове поле» поділяється на невеликі ділянки, де працюють численні колективи кваліфікованих інженерів.

Не стояла на місці винахідницька думка і в області вдосконалення МСП.

4.4 Недоліки властиві методу спроб і помилок. МСП не володіє механізмом обліку невдач: навіть всередині однієї галузі винахідники тисячі разів здійснюють одні і ті ж помилки, не роблячи з цього ніяких висновків.

Використання МСП в сучасному світі, не дивлячись на успіхи науки, пов'язане з величезними втратами часу і сил при вирішенні завдань, що в наш швидкісний століття деколи просто неприпустимо. Та й рівень отриманих рішень часто бажає бути кращим.

Але, мабуть найбільшої шкоди МСП завдає не даючи можливості своєчасно побачити нові задачі. Тут, втрати можуть обчислюватися десятиліттями і століттями.

У МСП не передбачений механізм захисту винахідника від вектора психологічної інерції.

МСП несе відповідальність і за відсутність критеріїв оцінки нових технічних ідей. Навіть, якщо задача своєчасно виявлена і

швидко вирішена, нова ідея може піддаватися через свою незвичайність глузуванню і несправедливій критиці, її не розуміють і не сприймають.

Важко оцінити сумарні втрати від застосування МСП в сучасному світі. Вважається, що ці втрати багато більші ніж від самих спустошливих землетрусів і воєн.

МСП на сучасному етапі вичерпав свої можливості. Проблема стоїть наступним чином: або уповільнення темпів зростання розвитку техніки, а з цим і гальмування розвитку цивілізації, або перехід на більш ефективні технології вдосконалення техніки.

Ось типовий випадок використання МСП - історія винаходу Ч. Гуд'їр способу вулканізації каучуку (отримання гуми). До моменту початку дослідів Ч. Гуд'їром каучук використовувався тільки для просочення тканин, були популярні плащі Ч. Макінтоша (патент 1923 р.). Сирий каучук мав багато недоліків: він відшаровувався від тканини, а речі зроблені з нього цілком, танули на сонці і втрачали еластичність на холоді. Ч. Гуд'їр «захворів» ідеєю поліпшення каучуку. Він почав досліди навмання. Після перших осмислених, але невдалих дослідів Ч. Гуд'їр, який практично не мав спеціальної освіти, почав проводити досліди навмання. Він змішував сиру каучукову смолу з будь-якою речовиною, яка потрапляла під: сіллю, цукром, перцем, піском, касторовою олією, навіть з супом, - вважаючи, що рано чи пізно він перепробує все, що є на землі, і наткнеться на вдале поєднання. Кажуть, що на питання, як розшукати Ч. Гуд'їра, жителі містечка відповідали: «Якщо ви побачите людину в каучуковому пальто, черевиках і циліндрі і з каучуковим гаманцем в кишені, в якому немає ні цента, то можна не сумніватися - це Ч. Гуд'їр. Жителі вважали його божевільним. Але, він вперто продовжував пошуки і одного разу, обробивши каучук парами кислоти, побачив, що властивості матеріалу набагато покращилися. Це був перший успіх. Але, потрібен був ще не один рік і багато «порожніх» спроб, перш ніж він випадково виявив другу умову повної вулканізації - підігрівання. Це був 1839 рік, рік винаходи гуми. Однак, лише в 1841 році Ч. Гуд'їр зміг підібрати оптимальний режим одержання гуми.

Ч. Гуд'їр вирішив лише одну задачу, для придбання «винахідницького досвіду» у нього просто не вистачило життя. По суті, йому при вирішенні навіть цієї задачі неймовірно пощастило, так як багатьом винахідникам, які вирішували цю та подібні задачі, не вистачило життя і вони так і залишилися в безвісності. Як же бути? Адже такі і подібні задачі з'являлися все частіше і частіше.

Всюди панував МСП в чистому вигляді. Але, вже в цей час можна було помітити, що частина винахідників застосовували, хоча і не цілком усвідомлено, деякі найпростіші прийоми винахідництва, наприклад: копіювання природних прототипів (махоліт, кігті для лазіння на стовпи, висячі мости - подобу павутини); об'єднання різних об'єктів в одну систему (пароплав - це судно плюс паровий двигун і т. д.) Однак, ніхто ці прийоми не систематизував і не знайомив з ними винахідників.

Одночасно, почав формуватись і інший тип винахідника, який став у XX столітті переважаючим - винахідника, що спирається на наукові знання.

РОЗДІЛ 5

ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ АКТИВІЗАЦІ ПОШУКУ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Метою цього розділу є ознайомлення слухача (студента) з поняттям евристики та найбільш ефективними евристичними методиками технічної творчості

5.1 Про методи Леонардо да Вінчі. Один з найбільших в історії людства винахідників Леонардо да Вінчі створив ряд видатних винаходів, що набагато випередили свій час. До його розробок відносять: принципові схеми вертольота, парашута, свердлильного та стругального верстатів, прокатного стану, машин для прядіння, турбіни, анемометра, кулемета, основні схеми зубчастих зачеплень, зокрема спіральних, конічних, глобоїдальних, гребний гвинт і багатьох інших машин і пристроїв.

Багато винаходів Леонардо да Вінчі і в наш час викликають подив оскільки були створені в умовах відсутності потреби в таких рішеннях. Леонардо да Вінчі розробив і з успіхом використовував багато методів пошуку та синтезу нових технічних рішень.

Метод аналогій, зокрема з живою природою. При створенні крил літальних апаратів Леонардо да Вінчі ретельно вивчав крила птахів. Він створив модель крила, яке при змаху вгору стає проникним для повітря, а при русі вниз стає для нього непроникним (використаний принцип зворотного клапана).

Метод мультиплікації робочих органів був неодноразово використаний Леонардо да Вінчі при створенні різноманітної техніки. Методом дублювання об'єднавши в одній прядки два веретена була створена двоверетенна самопрялка.

З використанням цього методу були створені 33-ох ствольна гармата, а пізніше револьверна 72-х ствольна гармата - прообраз сучасної автоматичної зброї.

Метод застосування пневмоконструкцій був використаний при створенні рятувального круга, водолазного скафандра, щобіт для подолання водних перешкод.

Метод поворотних конструкцій був використаний для створення поворотних насадок на димових трубах, щоб запобігти задудування диму в кімнату при сильному вітрі, насадка автоматично займає, під дією вітру, потрібне положення, Леонардо да Вінчі вперше запропонував конструкцію вітряка з поворотним шатром. Ним запропоновано кілька конструкцій поворотних мостів для проходу вітрильників по річці, а також конструкцію поворотного моста для полегшення його будівництва. Міст споруджувався на суші, а потім при повороті його на 90 град. встановлювався на опори.

Метод зворотного зв'язку був використаний при створенні вертела для підсмажування м'яса, що приводиться в рух турбінним колесом, що встановлювалося в лійкоподібній парасолі для відводу диму. При цьому швидкість обертання вертела залежить від інтенсивності горіння багаття.

Короткий огляд ряду винаходів, що випередили свій час одного з найбільших винахідників в історії людства свідчить про те, що і геніальні винахідники користуються тими ж методами розв'я-

зання винахідницьких задач, що і рядові їх колеги. Різниця тільки в тому, що великі ці методи відкривають і віртуозно використовують. Мислення всіх людей визначається загальними закономірностями, що вигадав чи відкрив один, то можливо і для інших.

Найбільш яскраво геніальність винахідника проявляється в тому, що він перший бачить громадські потреби, навіть дуже віддаленого майбутнього. Це дозволяє йому ставити випереджаючі задачі і сміливо їх вирішувати.

5.2 Правила раціонального мислення

*Висловлювання мудреців можуть
бути зведені до дуже невеликого
числа правил
Рене Декарт*

Правила раціонального мислення Р. Декарта, викладені ним приблизно 350 років тому, належать саме до числа таких простих положень.

У Рене Декарта (1596 - 1650) великого філософа, фізика і математика, який започаткував раціоналізм, є дві роботи, присвячені, кажучи сучасною мовою, методології пошуку, - «Правила для керівництва розуму» і «Міркування про метод».

Вісімнадцять правил, викладені в першому трактаті Р. Декарт узагальнив у творі «Міркування про методи», чотири з яких є стержнем його методу.

Перше - ніколи не приймати за «істинне» нічого, що я не пізнав би таким з очевидністю. Інакше кажучи, ретельно уникати необачності та упередженості, і включати в свої міркування тільки те, що представляється розуму настільки ясно і чітко, що не дає ніякого приводу піддавати їх сумніву.

Друге - ділити кожне з досліджуваних труднощів на стільки частин, скільки це можливо і потрібно для кращого їх подолання.

Третє - дотримуватись певного порядку мислення, починаючи з предметів найбільш простих і тих, що найбільш легко пізнаються. Йти поступово до пізнання найбільш складного, припускаю-

чи порядок навіть там, де об'єкти мислення зовсім не дані в їхньому природному зв'язку.

Четверте - складати переліки настільки повні та дослідження настільки загальні, щоб була впевненість у відсутності недоглядів.

З першого погляду правила Р. Декарта представляються настільки простими і очевидними, що хочеться запитати: «Навіщо про це говорити, коли і так все ясно?» Однак, досвід показує, що дуже багато новаторів, включаючи інженерів, які мають не один винахід, не вміють користуватися цими, безсумнівно основоположними правилами, при вирішенні пошукових задач.

Слід зазначити, що ці правила добре узгоджуються з основними закономірностями мислення. Вже після Декарта психологи експериментально відкрили таку закономірність нашої короткочасної пам'яті - в ній може одночасно зберігатися не більше семи понять. «Наша пам'ять, - кажуть психологи, - подібна гаманцю, в якій вміщується лише сім монет».

Не знаючи про ці закономірності, багато працівників розумової праці інтуїтивно враховують їх у своїй роботі. Аналіз літературних творів видатних майстрів прози показав, що в кожному з них приймають участь, як правило, не більше семи основних героїв.

Порівнюючи короткочасну пам'ять з гаманцем, психологи вказують ще на одну паралель: поняття, які зберігаються в пам'яті, так само як і монети, можуть бути різного значення.

Для вирішення будь-якої пошукової задачі необхідно переробляти цілі гори різномірної і розрізної інформації, перетворювати її в ланцюг добре ув'язаних між собою елементів і суджень. Причому, величина кожної ланки ланцюга повинна бути узгоджена з можливостями пам'яті. А це значить, що нам треба вміти розчленовувати проблему на частини, починати з найпростішого і далі слідувати всім іншим правилам Р. Декарта.

Глибокий і всебічний розвиток правил Р. Декарта знаходять в сучасних методах пошуку нових технічних ідей і рішень. Раціональні методи пошуку, по суті, є розгорткою, деталізацією і конкретизацією правил, вони виростають з правил, як листя з бруньок.

У всіх методах пошуку зараз широко використовується функціональний підхід. А яка його головна ідея?

Традиційне конструювання йде від розгляду можливостей зміни відомого виробу та пристосування його для нових вимог і потреб.

Функціональний підхід, розвиваючи перше правило Р. Декарта, передбачає не сприйняття за кінцеву істину наявної конструкції, а початок пошуку з того, що є більш очевидним, - з функції виробу.

Слідуючи другому правилу Р. Декарта, розробники сучасних методів пошуку дроблять процес вирішення пошукових завдань, що сприймався раніше як єдиний творчий акт, на все більш дрібні і прості процедури і операції. Розробляються, кажучи словами Р. Декарта, сходи, що дозволяють надійно долати найскладніші перешкоди.

В третьому правилі Р. Декарт рекомендував дотримуватись певного порядку мислення, йдучи від простого до складного. В сучасних методах пошуку і ця рекомендація розвивається і конкретизується.

При проведенні пошуку в прийнятні строки необхідно складати переліки та огляди досить повні, для того щоб «була впевненість у відсутності недоглядів». В наш час традиційні форми інформаційного забезпечення вже не дозволяють виконати четверте правило Р. Декарта. Але, без його виконання неможливий і його раціональний пошук. Тому, ми є свідками все більш інтенсивного розвитку спеціального виду забезпечення пошукових робіт. Банки фізичних ефектів і явищ, словники технічних функцій, списки евристичних прийомів допомагають і в наш час, так званого інформаційного вибуху, дотримуватися четвертому правилу Р. Декарта.

Сучасні методи і правила пошуку нових технічних ідей і рішень спираються не тільки на правила Р. Декарта. Але, і сьогодні початківцям винахідникам засвоєння правил Р. Декарта може допомогти при проведенні перших пошукових робіт, буде сприяти більш глибокому розумінню сучасних методів пошуку.

РОЗДІЛ 6

МЕТОД МОЗКОВОГО ШТУРМУ

Метою цього розділу ознайомити студентів з основними положеннями методу мозкового штурму, як одного з методів психологічної активізації творчості.

*«Трамвай побудувати - це не ішака купити»
Ільф і Петров «Дванадцять стільців»*

6.1 Короткі відомості про мозковий штурм. Мозковий штурм (МШ) (брейнстормінг) - це один з найбільш популярних методів колективної творчої діяльності. Метод розроблений Алексом Осборном в 1937 році, а опублікований у 1957 році.

В основі МШ лежить чітка думка: процес генерування ідеї необхідно відокремити від процесу її оцінки. При обговоренні задачі багато хто не наважується висловити сміливі, несподівані ідеї, побоюючись насмішок, помилок, негативного ставлення керівників. Якщо такі ж ідеї все ж висловлюються, їх часто піддають нищівній критиці іншими учасниками обговорення: ідеї гинуть не отримавши розвитку. А. Осборн запропонував вести генерування ідей в умовах, коли критика заборонена, і, навпаки, всіляко заохочується кожна ідея, навіть жартівлива або явно безглузда. В штурмі, зазвичай, приймають участь люди різних професій, часто далеких від розв'язуваної проблеми, забороняється включати в групу МШ начальників і підлеглих.

Якщо штурм добре організований, вдається швидко піти від ідей нав'язаних психологічною інерцією. Ніхто не боїться запропонувати сміливу ідею, виникає доброзичлива творча атмосфера, скидаються психологічні обмеження, починають висловлюватися практично будь-які, часто абсурдні ідеї, які в свою чергу ініціюють інші. Виникає ланцюгова реакція, що супроводжується лавиною нових ідей. В одному американському керівництві по МШ сказано, що 99% важливих конструктивних ідей виникає подібно до електричної іскри при контакті з мисленням інших людей.

Всі висловлені ідеї записуються. І далі група експертів проводить їх оцінку, відбираючи кращі.

6.2 Основні правила проведення мозкового штурму

*«Щоб займатись винахідництвом
треба бути в двох особах:*

*– одна утворює сполучення,
– інша вибирає»*

Поль Валері

Задачі послідовно вирішують дві групи людей по 4-15 осіб у кожній. Перша група лише висуває різні ідеї - це група «генераторів ідей». В ній бажано мати людей схильних до абстрагування з бурхливою фантазією. Задачі «штурмуються» протягом 20-30 хвилин. Друга група - «експерти», після закінчення штурму висловлюють судження про цінність висунутих ідей. В її складі працюють люди з аналітичним критичним складом розуму.

Основні задачі групи генераторів - видати за відведений час якомога більше ідей (у тому числі фантастичних, явно помилкових і жартівливих). Чим більше нереальних ідей, тим сильніше позначається їх дія на подальшому процесі генерації. Погані ідеї - це каталізатори, без них не буде хороших. Сам процес генерації повинен викликати бурхливий потік ідей, які слід безперервно, взаємно доповнювати та збагачувати. Всі ідеї фіксуються.

При генерації ідей заборонена будь-яка критика, не тільки явно словесна, але і прихована - у вигляді скептичних посмішок, міміки, жестів, тощо. В ході МШ між учасниками повинні бути встановлені вільні доброзичливі відносини. Ідеї висунуті одним учасником повинні підхоплюватись і розвиватись іншими. Рекомендується запрошувати на сесії МШ людей різних спеціальностей і різного рівня освіти.

Не можна включати в групи МШ керівників і підлеглих.

Експертизу і відбір ідей після закінчення процесу генерування слід проводити дуже уважно. При їх оцінці треба ретельно

продумувати всі ідеї, навіть ті, які вважаються несерйозними, нереальними або абсурдними.

Процесом розв'язування задачі управляє керівник МШ, який забезпечує дотримання всіх умов і правил. Керівник виконує свої обов'язки без наказів. Він задає різні навідні запитання, іноді щось підказує або уточнює, не допускаючи при цьому перерв у бесіді. Він повинен стежити, щоб висловлювання ідей не відбувалося тільки в раціональному напрямку. В цьому випадку, керівник повинен сам висловити завідомо фантастичну ідею або оголосити «п'ятихвилинку» для висловлення тільки нераціональних ідей.

Якщо задача не вирішена, можна повторити процес вирішення, однак, краще це зробити з новим колективом. Якщо ж вирішується ця задача в колишньому складі, то необхідно її видозмінити, поставити проблему в іншому аспекті, або з більш широким формулюванням. Учасники штурму сприймають її як нову, і це сприяє руху думки по новому руслу.

6.3 Розвиток і вдосконалення методу мозкового штурму.

Останнім часом з'явилося багато різних модифікацій МШ. При зворотному МШ здійснюється пошук недоліків пристрою або процесу. Це дозволяє сформулювати нові задачі щодо вдосконалення досліджуваного об'єкта.

Письмовий МШ. Творчі задачі формуються у письмовому вигляді і розсилається учасникам. При правильно сформульованих питаннях надходить безліч цікавих ідей.

Індивідуальний МШ полягає в тому, що розробник сам генерує ідеї і дає їм оцінку. Тривалість безперервної генерації не повинна перевищувати 15 хвилин. Остаточну оцінку результату такого МШ доручають іншому розробнику. Або ж, оцінку може провести і сам автор, але тільки через 3-5 днів після МШ.

Масова мозкова атака при колективі людей у 100-200 осіб. Керівник знайомить весь колектив із задачею за 2-3 дні до початку сесії. Всіх учасників під час МШ розбивають на оперативні групи по 5-7 осіб. Оперативний час роботи оперативних груп 15 хвилин. Після цього керівники груп оцінюють отримані ідеї і найбільш реа-

льні повідомляють всій аудиторії. Потім продовжують обговорення у великій аудиторії.

6.4 Область застосування методу мозкового штурму.

Практикою доведена висока ефективність методу МШ при вирішенні самих різноманітних технічних завдань. Метод надзвичайно простий, не вимагає великих витрат при засвоєнні методу МШ. Його необхідно широко використовувати при вирішенні як технічних, так і організаційних задач, що відносяться до об'єкта в цілому.

Для успішної участі в мозковому штурмі необхідна образність мислення.

Однак, при цьому слід зазначити, що метод МШ є кроком на шляху розвитку методу спроб і помилок, а це означає, що методу МШ притаманні всі недоліки, які властиві методу спроб і помилок.

При оцінці отриманих ідей експертами найбільш цінні і плідні з них можуть бути втрачені, оскільки метод МШ не пропонує критерії оцінки нових ідей.

Метод МШ не враховує об'єктивні закони розвитку технічних систем, а звідси його недоліки.

Приклад розв'язання задачі за допомогою методу мозкового штурму.

Керівник:

- «наше завдання - швидко, продуктивно і якісно розколювати горіхи».

А.: - Вдома горіхи розколюють зубами, руками, дверима, молотком, кліщами.

Керівник:

- Як бути, коли горіхів дуже багато, наприклад, в умовах кондитерської фабрики?

Б.: - Потрібно горіхи розсортувати на фракції за розміром, а потім кожну фракцію тиснути між плитами преса.

Ст.: - Можна на горіхи наплавить яку-небудь речовину, порошок, перетворивши горіхи в кулі однакового діаметра і тиснути їх на пресі не розділяючи на фракції.

Р.: - Наплавочний порошок може бути феромагнітним, тоді після роздавлювання можна буде магнітним полем видаляти шкаралупу залишивши тільки ядра.

Керівник:

- Які сили треба прикласти до горіха і як їх створити?

А.: - Треба прикласти зосереджену стискаючу силу. Її можна отримати, якщо чимось вдарити по горіху або навпаки горіхом об щось.

Б.: - Можна стріляти горіхом в стіну з пневматичного кулемета.

Ст.: - Силу можна створити, використовуючи земне тяжіння в момент падіння горіха на підлогу.

К.: - Можна створити штучну силу тяжіння в центрифугі.

А.: - Шкаралупу необхідно попередньо обробити хімічним реактивом, щоб зменшити її міцність, розчинити її, заморозити горіхи в холодильнику, щоб шкаралупа стала більш крихка.

К.: - Обпалити шкаралупу горіхів.

Керівник:

- Як задачу вирішували б тварини, наприклад, птахи?

А.: - Птиці розбивають горіхи дзьобом або скидають з висоти. Необхідно підняти високо контейнер з горіхами і скинути вниз на бетонну плиту.

Б.: - Горіхи можна розколювати електрогідравлічним ударом, помістивши їх попередньо в рідину.

Керівник:

- А як можна розколоти горіхи зсередини?

Ст.: - Просвердлити отвір в шкаралупі і подати у всередину повітря під тиском.

Р.: - Можна помістити горіхи в камеру, повільно підняти тиск, а потім різко скинути, тиск всередині горіха швидко впасти не зможе, і горіх розірветься або можна збільшувати і скидати тиск багаторазово. Тоді, шкаралупа горіха буде перебувати під знакозмінним навантаженням.

К.: - Частота коливань тиску повинна дорівнювати власній частоті шкарлупи, тоді ефективність розколювання різко зросте в момент резонансу.

Д.: - Потрібно зробити так, щоб шкаралупа перестала рости, а ядро продовжувало зростання і саме розкололо шкаралупу. Для цього шкаралупу треба опромінити.

Б.: - Треба садити горіхи по краям ярів або ущелин, горіхи падаючи будуть розбиватися об тверде дно.

К.: - Волоські горіхи в природі вкриті подвійною оболонкою, необхідно вивчити механізм очищення їх від зовнішньої оболонки.

Одна з ідей про подачу та різке скиданні тиску запатентована. Одержано авторське свідоцтво № 340400.

Наступним кроком розвитку цієї ідеї є багаторазове підвищення і скидання тиску з частотою близькою до частоти шкаралупи горіхів. Явище резонансу підвищить ефективність способу.

РОЗДІЛ 7

АСОЦІАТИВНІ МЕТОДИ ПОШУКУ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

(Метод каталогу, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадковостей і асоціацій)

Метою цього розділу є вивчення студентами асоціативних методів активізації творчого мислення: метод каталогу, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадковостей і асоціацій, дати оцінку методам з точки зору їх евристичної цінності.

7.1 Короткі відомості про асоціативні методи активізації творчого мислення. Майже з усіма великими винаходами пов'язані легенди про щасливий випадок, якому ці винаходи зобов'язані своїм народженням.

Так, фінікійські моряки сховалися під час шторму в бухті з вантажем соди. Готуючи їжу на піщаному березі підклали шматки соди під котел і розвели вогонь. Знявши котел, вони виявили на піску прозору масу. Таким чином було винайдено скло.

З. Янсен і А. Левенгук, незалежно один від одного, помітили, що через осколки скла, предмети виглядають інакше, значно більші, ніж зазвичай і винайшли мікроскоп.

Л. Гальвані випадково спостерігав конвульсії ніжки препарованої жаби при дотику до неї металевих предметів. Вивчивши це явище було відкрито принцип роботи гальванічного елемента.

А. Зомерфельд випадково поклавши на вологий папір брусок для правки бритви побачив, що на папері відбився малюнок бруска і винайшов спосіб літографічної друку.

Ч. Макінтош випадково облив каучуком тканину і знайшов спосіб виготовлення водонепроникних плащів.

Ч. Гуд'їр через неуважність поклав суміш каучуку і сірки на гарячу піч і відкрив спосіб вулканізації гуми.

Хімік Е. Бенедиктус випадково впустив скляну колбу забруднену розчином коллодію, колба не розбилася. Так було винайдено скло, що не б'ється.

Німецький хімік Ф.А. Кекуле, автор теорії валентності, розгадав структурну формулу простого ароматичного вуглеводню бензолу, хімічна формула, якого C_6H_6 , а структурна представляє собою правильний шестикутник. За легендою йому наснилася змія, що кусає себе за хвіст.

Тому, широке поширення мала теорія винахідництва, суть якої відображає формула: «випадок - батько винаходу». Зараз відомо, що невірні як перебільшення так і повне заперечення ролі випадку.

Використання випадковостей в технічній творчості доцільне, однак вимагає серйозних творчих зусиль по осмисленню незрозумілих випадкових явищ, а також навичок аналізу несподіваних ситуацій, вміння оцінювати випадкові асоціації.

Багато винахідників успішно використовували у своїй творчості випадковий пошук. Цілком зрозуміло, що метод хаотичних, сліпих проб і помилок не заснований на якійсь концепції – малоефективний.

Асоціативні методи активізації творчого мислення ґрунтуються на застосуванні у творчому процесі семантичних властивостей, понять, використання аналогії їх вторинних смислових відтінків. Основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори і випадково вибрані поняття [2, 3].

Між двома абсолютно різними, непов'язаними поняттями (словами) можна здійснити логічний зв'язок, встановити асоціативний перехід в чотири-п'ять етапів [4]. Візьмемо два різних поняття – «деревина» і «м'яч». Здійснимо асоціативний перехід: «деревина» - «ліс», «ліс» - «поле», «поле» - «футбольне», «футбольний» - «м'яч». Або, такі два поняття, як «небо» і «чай»: «небо» - «земля», «земля» - «вода», «вода» - «пити», «пити» - «чай».

Встановлено, що число прямих асоціативних зв'язків будь-якого поняття (слова) в середньому близько десяти. Один асоціативний крок дає можливість вибору з 10 слів, другий - з 10^2 , третій - з 10^3 , четвертий - з 10^4 .

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.

1 – *Асоціація* - зв'язок, що виникає при певних умовах між двома або більше психічними утвореннями (відчуттями, руховими актами, сприйняттями, ідеями тощо).

2 – *Семантика* - значення одиниць мови, слів.

3 – *Метафора* - перенесення властивостей одного предмета (явища) на інший на підставі спільних для обох ознак.

Винахідництво пов'язане з пошуком віддалених аналогів, перенесенням знань з однієї області в іншу, інтерпретацією нового за допомогою відомих понять, тому в ньому важко обійтися без необхідних слів, переносного сенсу, метафоричних виразів, які викликають нові асоціації. Останні поділяють за подібністю, контрастом, суміжністю і змістом.

Асоціації по суміжності (весна - трава) - це матеріал для перетворення в просторі і в часі.

Асоціації за подібністю складніші вони суб'єктивні, на них явно проступає відбиток особистості. Тому, неповторна і вічно свіжа справжня поезія. Основу її виразності складають асоціації з несподіваною подібністю, наприклад, шелест листя – «шепіт» тощо.

Гейне писав, що в нього в серці «зубний біль», або:

<i>Как будто бы железом</i>	<i>Подруга думы праздної</i>
<i>Обмокнутым в сурьму,</i>	<i>Чернильница моя</i>
<i>Тебя вели нарезом</i>	<i>Мой век разнообразный</i>
<i>По сердцу моему</i>	<i>Тобой украсил я.</i>

Б. Пастернак

А.С. Пушкин

Або, «...*Роняет лес багряный свой убор*». Усі ці асоціації за подібністю знаходять своє застосування не тільки в поезії, але і в технічній творчості, будучи матеріалом для евристичних аналогій. Аналогії за контрастом: білий - чорний, яскравий - тьмянний тощо - це матеріал для евристичних інверсій тобто зміни звичайного порядку речей на зворотний. Таким чином бачимо, що асоціації за подібністю - це матеріал для евристичної аналогії; за контрастом - для евристичної інверсії; суміжності - для перетворення у просторі та часі; за змістом - для семантичної інтерпретації проблемної ситуа-

ції, встановлення 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 [5], тобто перенесення властивостей одного предмета чи явища на інші, на підставі спільних для обох ознак. Зручніше застосовувати прості види: бінарні метафори-аналогії («дзвіночок регоче», «підкови брів»); метафори-катахрези, містять протиріччя («сухопутний моряк», «круглий квадрат»); метафори-загадки («туман над лісом» - косинка) .

1 – *Аналогія* - подібність (відповідність) предметів, явищ, процесів, в яких-небудь властивостях.

2 – *Інверсія* - зміна звичайного порядку, положення на зворотній, протилежний.

3 – *Катахреза* - незвичайне або помилкове поєднання слів (понять) всупереч буквальних їх значень.

Метафори можуть служити підказкою для знаходження винахідницької ідеї. Але їх безпосереднє використання вимагає 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 їх оригінальності вдаються до гірлянд метафор (асоціацій), тобто семантично взаємозалежних ланцюжків.

Найчастіше застосовують два їх різновиди:

а) концентровані гірлянди (грона), які різним чином виражають одне і те ж ключове поняття (див. рис. 2 а)

б) гірлянди послідовних метафор (асоціацій), при генеруванні яких попередня метафора є ключовим поняттям для подальшого утворення (див. рис. 2 б).

в) іноді застосовують змішані гірлянди (див. рис. 2 г).

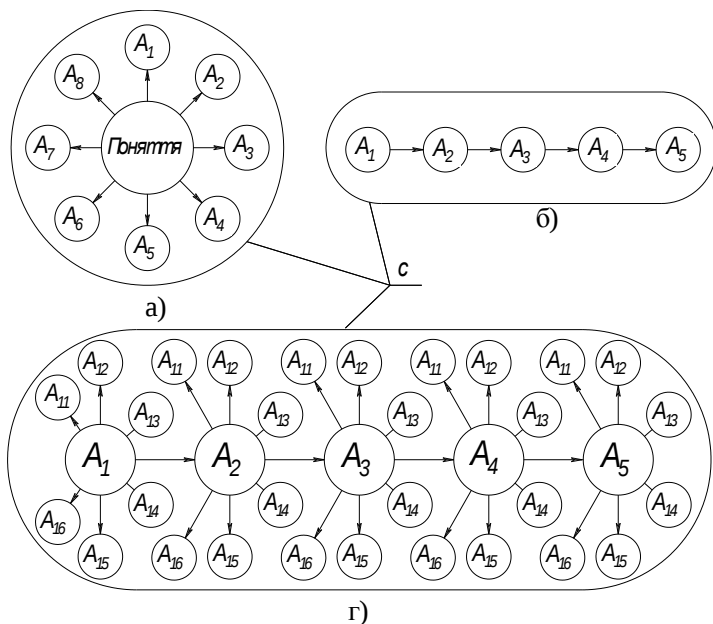


Рисунок 2 - Різні схеми генерування асоціацій.

а - рій асоціацій; б - гірлянда асоціацій; г - змішана схема утворення асоціацій; с - межа асоціативного поля; A₁, A₂...A_n - асоціації.

Якщо одне ключове слово «повітря», то гірлянда концентрованих метафор може бути такою:

- «повітря» - «невидиме середовище» - (метафора-аналог),
- «повітря» - «матеріальний дух» - (метафора-катахреза),
- «повітря» - «сокирою не перерубати?» - (метафора-загадка).

Інтерпретацією гірлянди служать поняття: повітря - безповітряний простір - вакуум - спирт - п'яниця - шофер - транспорт - пневмотранспорт - промінь - тінь - вітер - генератор - електрика тощо.

Наведені поняття є окремими асоціаціями ключового слова і використовуються для його аналізу в контексті задачі з метою знаходження ідей рішення. У практиці технічної творчості успішно застосовується серія методів генерування та осмислення асоціацій для полегшення пошуку вирішення технічної задачі. Ці методи

умовно можна розділити на дві групи: методи вільних асоціацій і методи спрямованих асоціацій.

До методів вільних асоціацій зараховуються методи генерування асоціацій за допомогою ключових слів-подразників за умови, що семантичні і граматичні категорії генерованих асоціацій ніяк не лімітуються. Асоціації можуть бути виражені одним словом у вигляді іменника, будь яких синтаксичних побудов, у вигляді пропозицій, прислів'я, каламбурів, реплік всерйоз чи жартома.

Найпростіший прийом генерування вільних асоціацій - дати швидко відповідь на стимулююче слово або поняття.

Метод спрямованих асоціацій полягає в їх генеруванні за умови детермінування семантичних або граматичних категорій.

Найбільш часто детермінується семантична категорія шуканих асоціацій, ведеться пошук синонімів, антонімів, гіпербол, різних інтерпретацій явищ. Рідше детермінується граматична категорія асоціацій, наприклад, ведеться пошук прикметників до ключового слова, дієслова, слів, що римуються з цим словом і т. д.

Іноді використовується прийом реверсивних асоціацій шляхом прийняття вихідного слова за асоціацію та виявлення слів, які могли б бути джерелом цієї асоціації, причому задається або граматична категорія шуканих відповідей або визначається вид асоціацій (по суміжності, за аналогією, за контрастом, за змістом, за співзвучністю).

Вихідним подразнювачем при генеруванні асоціацій можуть бути не тільки слова-подразники, але і певні відчуття (тактильні, візуальні, аудіовізуальні тощо) сигнали, моделі, малюнки, предмети, жива природа.

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

До асоціативних методів належать (багато в чому аналогічні): метод каталогу, метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадковостей і асоціацій [2, 6, 7].

7.2 Метод фокальних об'єктів. Якщо на об'єкт, що вдосконалюється, перенести ознаки інших, випадково обраних об'єктів, то різко зростає число несподіваних варіантів вирішення. Ця ідея послужила основою методу активізації творчості, запропонованого в 1926 р. професором Берлінського університету Ф. Кунце (метод каталогу). Суть методу каталогу полягає в тому, що для вдосконалення будь-якого об'єкта необхідно навімання, наприклад, з каталогу, словника, енциклопедії, обрати кілька випадкових об'єктів, і перенести ознаки цих об'єктів на об'єкт, що вдосконалюється. Потім, використовуючи вільні асоціації, провести модернізацію вдосконаленого об'єкта.

Метод каталогу був розвинутий в 50-роках американським винахідником Ч. Вайтингом у метод фокальних об'єктів. Метод фокальних об'єктів дає хороші результати у пошуку нових модифікацій відомих способів і пристроїв. Крім того, він може бути використаний для тренування уяви (вправи типу: придумати фантастичну тварину, рослину, корабель тощо).

Сутність методу полягає у перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на об'єкт, що вдосконалюється, який знаходиться ніби у фокусі переносу. Застосовують метод фокальних об'єктів в такому порядку.

1. Вибір фокального об'єкта (наприклад, годинник).
2. Вибір трьох-чотирьох випадкових об'єктів (їх беруть навімання зі словника, каталогу, технічного журналу тощо. Наприклад: кіно, змія, каса, полюс).
3. Складання списків ознак випадкових об'єктів (наприклад, кіно: широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне тощо).
4. Генерування ідей шляхом приєднання до фокального об'єкта ознак випадкових об'єктів (наприклад, широкоекранний годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник тощо).
5. Розвиток отриманих сполучень шляхом вільних асоціацій (наприклад, широкоекранний годинник: замість вузького циферблата взято широкий, може бути вузький циферблат, який іноді розтягується в широкий, проектується кудись... і т.д.).
6. Оцінка отриманих ідей і відбір корисних розв'язків (доцільно доручити оцінити експерту або групі експертів, а потім спільно відібрати потрібні рішення).

7.3 Метод гірлянд випадковостей і асоціацій. Подальшим розвитком методу фокальних об'єктів є метод гірлянд випадковостей і асоціацій, розроблений радянським винахідником Р. Я. Бушем [2]. Він допомагає знайти велику кількість підказок для нових ідей шляхом створення асоціацій. Для прикладу, розв'яжемо за допомогою методу таку просту задачу: необхідно запропонувати нові, оригінальні та корисні модифікації стільців для розширення асортименту меблевої фабрики.

1. Визначення синонімів об'єкта. Гірлянда синонімів, для слова «стілець»: стілець - крісло - стілець - пуф - лавка.

2. Довільний вибір випадкових об'єктів. Утворимо другу гірлянду з слів, взятих навмання, наприклад: електролампочка - решітка - кишеня - кільце - квітка - пляж.

3. Отримання комбінацій з елементів гірлянди синонімів і випадкових об'єктів, тобто кожен синонім з'єднують з кожним випадковим об'єктом. Таким шляхом отримуємо: стілець з електролампочкою, ґратчастий стілець, стілець з кишенями, ..., табурет для квітів і т. інш.

4. Складання переліку ознак випадкових об'єктів. Для зручності об'єднуємо їх в таблицю (див. табл. 1).

5. Генерування ідей шляхом почергового приєднання до технічного об'єкту і його синонімів, ознак випадково обраних об'єктів.

Наприклад, ввівши в гірлянду синонімів ознаки електролампочки, можна отримати: скляний стілець, тепловипромінююче крісло, колбоподібний пуф, прозоре крісло, стілець з цоколем і т. д. Аналогічно отримують нові ідеї конструкції, приєднуючи до гірлянді синонімів ознаки інших випадкових об'єктів - решітки, кишені, кільця, квітки.

6. Генерування гірлянд асоціацій. По черзі, з ознак випадкових об'єктів, виявлених на етапі 4, генеруються гірлянди асоціацій. Наприклад, якщо у об'єкта «електролампочка» взяти в якості ключового слова ознаку «з цоколем», то можна отримати гірлянду асоціацій: цоколь - будинок - цегла - пористий - губка - миючий засіб - порошок - піна - пухир - повітря - кисень - оксиди - метал - дзвін - 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 вигляді пухиря, табурет з піни, стілець з пористого матеріалу, пуф, наповнений повітрям і т. д.

8. Вибір альтернативи. На цьому етапі вирішують питання: продовжувати генерування гірлянд асоціацій, або їх вже достатньо для відбору корисних ідей.

9. Оцінка і вибір раціональних варіантів ідей.

10. Відбір оптимального варіанту.

Таблиця 1 - Назва та ознаки випадкових об'єктів

Назва	Ознаки
Електро-лампа	Скляна, світло – та тепловипромінююча, електрична, колбоподібна, з цоколем, з електроконтактами, матова, колір
Решітка	Металева, пластикова, плетена, зварна, кована, гнучка, жорстка, крупна, дрібна, з однаковими або неоднаковими чарунками з різних за матеріалом елементів
Кишеня	Спереду, позаду, з боку, зовнішня, внутрішня, накладна, з блискавкою, для зберігання документів, носових платків, грошей, дзеркала, кишенькового ліхтаря, радіоприймача
Кільце	Металеве, дерев'яне, пластикове, вите, суцільне, надувне, емальоване, з гальванічним покриттям, з візерунком, з годинником, з радіоприймачем, для спортивних вправ, кільце Сатурна, з прорізом для кільцювання птахів
Квітка	Однокольорова, багатокольорова, запашна, чашоподібна, плямиста, що автоматично повертається до сонця, зонтична, польова, гірська, осіння, водяна, садова, з шипами, симетрична, лікарська, ворсиста.
Пляж	Морський, річний, сонячний, піщаний, гальковий, гладкий, вузький, широкий, довгий.

7.4 Область застосування асоціативних методів активізації творчого мислення. Запропоновані методи дають добрі результати у пошуку нових модифікацій відомих способів і пристроїв в умовах мінімальних вихідних даних і відсутності чітко сформульованих вимог до виконання. У більшості випадків, застосування методу призводить до постановки оригінальної конструкторської задачі. Рекомендується використовувати для тренування уяви створення товарів широкого вжитку.

РОЗДІЛ 8

МЕТОД КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ

Метою цього розділу є набуття студентами компетенції у вирішенні творчих задач з використанням методу контрольних запитань

8.1 Короткі відомості про метод контрольних запитань. Як відомо стародавні греки вважали наймудрішим на світі Сократа. А той вважав, що вміє в житті робити лише одне - задавати питання. За їх допомоги співрозмовники самі знаходили істину. Сприйняття дійсності, її відображення в мозку людини - процес зовсім не одномоментний. Уявіть дзеркало, яке весь час обертається. Предмет, який воно відбиває, залишається колишнім, але самі відображення весь час змінюються. Людське сприйняття схоже на таке дзеркало. А повертають його правильно поставлені питання. Важливим моментом вирішення складної задачі є збереження на тривалий період часу інтересу до задачі. Щоб стійко утримувати увагу на задачі, потрібно зробити так, щоб вона постійно змінювалася перед Вами. Цього можна досягти, поставивши перед собою нове питання, пов'язане із задачею. Нове питання розкриває невикористані раніше можливості і допомагає зв'язати задачі з наявними у нас знаннями, він видозмінює задачі, виявляє нові її сторони. Задавати питання - річ не дуже проста.

Гарним нагадуванням про це може служити науково-фантастичне оповідання Роберта Шеклі «Вірне питання». Фізик Морран і біолог Лінгман в далекому космосі добираються до Відповідача - апарату, який знає все і може відповісти на будь-яке питання. «Відповідач, - звернувся Лінгман високим слабким голосом, - що таке життя?» Голос пролунав у їхніх головах.

- Питання позбавлене сенсу. Під «життям» Запитувач має на увазі приватний феномен, зрозумілий лише в термінах цілого». Далі був цілий ряд безуспішних спроб поставити хоча б одне вірне питання.

Довгі години вони мучили Відповідача, мордували себе, але правда вислизала все далі і далі.

- Я скоро зйду з розуму, - не витримав Морран. Перед нами розгадки всього Всесвіту, але вони відкриються лише при вірно сформульованому запитанні.

А звідки нам взяти ці вірні питання?!

- Дикуни - ось хто ми, - продовжував Морран, ходячи нервово перед Відповідачем. - Уяви собі, бушмен вимагає у фізика, аби той пояснив, чому не можна пустити стрілу до Сонця. Вчений зможе пояснити це тільки своїми термінами і поняттями. Як інакше?

- Вчений і намагатися не стане, - ледь чутно промовив Лінгман.

- Він одразу збагне даремність пояснення.

І закінчується розповідь песимістичною але вірною фразою: «Щоб правильно поставити запитання, потрібно знати більшу частину відповіді». Генеральний конструктор знаменитих АН-ів Антонов стверджував: «Щоб правильно поставити питання необхідно знати хоча б 50% його відповіді». Можливо відсутність під руками свого Сократа, спонукало ряд дослідників пошукової діяльності замінити співрозмовника-мудреця списком контрольних запитань (КЗ). Списки ці дуже складно класифікувати. Їх не можна віднести до правил, прийомів або методів тому, що деякі з них містять і те, і інше, і фрагменти третього. Перші списки КЗ з'явилися разом з першими методами, а нові списки продовжують з'являтися і зараз. Їх не можна віднести ні до раціонального ні ірраціонального засобу активації пошуку нових технічних рішень. Тому, що навіть в одно-

му і тому ж списку можна знайти запитання або рекомендації, пов'язані як з раціональною організацією мислення, так і з активізацією підсвідомості.

Метод КЗ застосовується для психологічної активізації творчого процесу, це свого роду коротка пам'ятка винахіднику, яка дозволяє за допомогою додаткових запитань підійти до вирішення задачі.

Метод може застосовуватися у формі монологу винахідника, зверненого до самого себе, або діалогу, наприклад, у вигляді запитань, що задаються керівником мозкового штурму до членів групи генераторів ідей. Суть методу полягає в тому, що винахідник розглядає свою задачу з точки зору тих запитань, які присутні в списку. Широко поширені універсальні запитальники, складені А. Осборном, Е. Раудзенпом, Т. Эйлоартом, Д. Пірсоном та ін.

8.2 Список контрольних запитань за А. Осборном. За кордоном частіше користуються списком запитань, розробленим А.Осборном, який містить 9 груп запитань. Нижче пропонується список контрольних запитань за А. Осборном:

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

2. Чи можливе вирішення винахідницької задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення об'єкту або його частин? Що нагадує Вам цей технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи були в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використати? Що можна скопіювати? Який технічний об'єкт потрібно випереджати?

3. Які модифікації технічного об'єкту можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, вигину, скручування, 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 можливе збільшення часу служби, впливу? Збільшити частоту, розміри, міцність? Підвищити якість? Приєднати новий інгредієнт? Дублювати? Чи можлива мультиплікація робочих

елементів або всього об'єкта? Чи можливе перебільшення, гіперболізація елементів або всього об'єкта?

5. Що можна в технічному об'єкті зменшити? Що можна замінити? Чи можливо щось замінити, стиснути, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюаризації, вкоротити, звузити, відокремити, роздробити?

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

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

8. Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки? Транспонувати позитивне і негативне. Чи можливо обміняти місцями протилежно розміщені елементи? Повернути їх задом наперед? Перевернути низом догори? Обміняти місцями? Поміняти ролями? Перевернути затискачі?

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

8.3 Список контрольних запитань за Т. Ейлоартом. Одним з кращих можна вважати список запитань, складений англійським винахідником Т. Ейлоартом. По суті, він склав програму роботи талановитого винахідника, який з фанатичною наполегливістю намагається вирішити задачу методом проб і помилок. Деякі запитання з його переліку потребують розвиненої уяви, інших глибоких і різнобічних знань. Є питання, по-своєму, дуже тонкі, які свідчать про багатий досвід і спостережливість Т. Ейлоарта.

1. Перерахувати всі якості і визначення передбачуваного винаходу. Змінити їх.

2. Сформулювати задачі ясно. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні та аналогічні задачі. Виділити головні.

3. Перелічити недоліки наявних рішень, їх основні принципи, нові припущення.

4. Сформулювати фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні та інші аналогії.

5. Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну та інші моделі (вони точніше виражають ідею, ніж аналогії).

6. Спробувати різні види матеріалів і енергії:

– газ, рідина, тверде тіло, гель, піна, паста та ін;

– тепло, магнітна енергія, світло, сила удару і т. д.;

– різні довжини хвиль;

– поверхневі властивості і т. п.,

– перехідні стани - замерзання, конденсація, перехід через точку Кюрі і т. д.;

– ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея та ін.

7. Встановити варіанти, залежності, можливі зв'язки, логічні збіги.

8. Дізнатися думку деяких зовсім необізнаних у цій справі людей.

9. Влаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всі і кожну ідею без критики.

10. Спробувати «національні» рішення: хитре шотландське, всеосяжне німецьке, марнотратне американське, складне китайське і т. д.

11. Спати з проблемою, йти на роботу, гуляти, приймати душ, їхати, пити, їсти, грати в теніс - все з нею.

12. Бродити серед стимулюючої обстановки (звалище брухту, технічні музеї, магазини дешевих речей), продивлятися журнали, комікси.

13. Створити таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів і т. д. різних рішень проблеми або її частин, шукати проблеми в рішеннях або нові комбінації.

14. Визначити ідеальне рішення, розробити можливе.

15. Видозмінити рішення проблеми з точки зору часу (швидше або повільніше), розмірів, в'язкості і т. п.

16. В уяві залісти всередину механізму.

17. Визначити альтернативні проблеми і системи, які вилучають певну ланку з ланцюга і, таким чином, створюють щось зовсім інше, що уводить від потрібного рішення.

18. Чия це проблема? Чому його?

19. Хто придумав це перший? Історія питання. Які помилкові тлумачення цієї проблеми мали місце?

20. Хто ще вирішував цю проблему? Чого він добився?

21. Визначити загальноприйняті граничні умови і причини їх встановлення.

Особливо, слід зупинитися в цьому списку на п. 14 «Визначити ідеальне рішення, розробляти можливе». Ця рекомендація застосовує особливих роз'яснень. Принцип ідеалізації широко використовується в науці і техніці. За допомогою ідеального легше зрозуміти і сконструювати реальне.

Встановлено, що всі машини в процесі вдосконалення об'єктивно розвиваються в напрямку свого ідеалу. А, ідеальна машина - це коли виконується головна корисна функція машини, а самої машини немає. За цим визначенням, як не парадоксально, виходить, що головна тенденція розвитку всіх машин - тенденція до зникнення.

«Можливо, прилади і стають все більш мініатюрними і тим самим як би зникають. - Але подивіться, наприклад, на сучасні самоскиди, транспортні літаки. Вони стають все більш величезними». Однак, і тут прагнення до ідеалу, тобто до зникнення, проявляється в повній мірі. Потрібно лише зауважити, що габарити, а значить і вага автомашин зменшується не в абсолютному вираженні, а щодо перевезеного вантажу: чим більша машина, тим менша її частка в сукупності мас машина-вантаж.

Таким чином, надати ідеальне рішення - значить правильно побачити основну тенденцію розвитку об'єкта, зробити важливий крок у напрямку до нового технічного рішення .

8.4 Розвиток методу контрольних запитань. Списків КЗ запропоновано сьогодні досить багато. Існує список запитань Д. Пойа, який відрізняється тим, що питання тут складають певну систему (в інших списках їх можна міняти місцями). Список Д. Пойа створювався переважно для вирішення навчальних математичних завдань, але може бути використаний і при вирішенні технічних. Найбільш великий і універсальний список питань радянського винахідника і дослідника в області технічної творчості Р. Я. Буша [8], який називають ще списком запитань мисленого експерименту винахідника. В ньому містяться, наприклад, такі питання.

Як вирішити задачу, якщо не рахуватися з витратами, якщо від їх вирішення залежить життя людини, якщо технічний об'єкт буде використаний в якості іграшки, або якщо об'єкт є навчальним посібником, експонатом?

Чи не можна відкинуті в минулому принципи вирішення використати зараз при сучасних технічних можливостях?

Чи можливо передбачити результат вирішення задачі через 10-15 років з урахуванням зростання суспільних потреб? Як виглядає перелік всіх основних недоліків відомих розв'язків задачі? Яким повинно бути рішення, якщо усунути їх? Багато із запропонованих списків КЗ відрізняються один від одного несуттєво. І, якщо в 40-х роках у винахідників виникали труднощі через відсутність хороших списків КЗ, то сьогодні з'явилася інша проблема - як вибрати з існуючих самий підходящий.

В цьому випадку можна порадити скласти для себе власний список, об'єднавши декілька відомих. Це, наприклад, зробив Грегори для інженерів-хіміків. Рекомендований ним узагальнений список включає два переліки. Перший включає навідні запитання, другий - рекомендації щодо вирішення проблеми. У першому переліку навідні питання для зручності розбиті так:

- економічні;
- смислові;
- практичні;
- технічні.

Досвідчені винахідники списки КЗ в якості самостійних інструментів пошуку нових технічних рішень використовують рідко.

Однак, фрагменти з них і навіть цілі списки входять до складу ряду сучасних, більш складних і ефективних методів пошуку.

Так, фундаментальний метод проектування розроблений в Англії Едуардом Мэтчеттом, передбачає застосування 3-х списків КЗ.

Питання згруповані наступним чином:

а) Які потреби є

- життєво важливими;
- дуже важливими;
- важливими;
- бажаними.

б) Які потреби:

- функціональної системи;
- споживача;
- зовнішнього світу;

в) Які потреби на кожному етапі існування виробу:

- проектування і деталювання;
- відпрацювання;
- виготовлення деталей;
- складання;
- випробування і налагодження;
- остаточна обробка і упаковка;
- збут;
- монтаж;
- експлуатація і неправильне використання;
- технічне використання і догляд.

г) Які відомості можна отримати задавши шість основних запитань аналізу трудових операцій:

- що потрібно зробити?
- чому це потрібно зробити
- коли це потрібно зробити?
- де це потрібно зробити?
- ким або за допомогою чого це потрібно зробити?
- як це зробити?
- і так далі.

Особливий інтерес представляє третій список Метчетта - список «течтемів». Мэтчетт вважає, що винахідник може істотно підвищити свій пошуковий потенціал, якщо навчиться керувати своїм мисленням у процесі пошуку. Для розвитку таких навичок Мэтчетт розробив цілий ряд вправ і рекомендацій. Цьому служать течтеми - зібрані в список найпростіші розумові операції, свого роду елементи думки або дії, вироблені при пошуку.

Течтеми полегшують винахіднику пізнання ходу власних думок і дій під час пошуку і, тим самим, сприяють формуванню оптимальних пошукових стратегій. Список Течтемів можна порівняти з дитячим конструктором, з якого збираються різні схеми. Течтеми розбиті на сім груп.

1. Варіант рішень:

- визначити потребу;
- визначити необхідний елемент;
- уявити собі рішення;
- прийняти тимчасове рішення;
- прийняти остаточне рішення;
- скасувати рішення.

2. Варіанти суджень:

- запропонувати;
- зважити;
- зважити і порівняти;
- екстраполювати;
- залишити без зміни;
- передбачити.

3. Варіанти стратегій:

- продовжувати в тому ж напрямі;
- продовжувати і розширити;
- змінити напрям;
- зіставити з минулим;
- зіставити з майбутнім;
- уважно розглянути;
- вирішити конфлікт;
- продовжувати більш інтенсивно;
- припинити.

8.5 Область застосування методу контрольних запитань.

Винахідники, як досвідчені так і початківці, сприймають список контрольних запитань по-різному. Деяких думка про використання цих допоміжних інструментів творчості може захопити, іншими вони можуть бути відкинуті. Не дивлячись на уявну легковажність, багато списків засновані на серйозних принципах. В результаті застосування списків, пошук змінює свій початковий напрямок, виключаються ті області, де знаходяться лише частково прийнятні рішення. Переоцінка ситуації направляє винахідника в більш віддалені ділянки простору пошуку, які спочатку могли бути виключені на підставі помилкових або втратили силу припущень.

Слід враховувати, що списки, як правило, використовуються не за всякого приводу і при рішенні не всяких задач. В основному, потреба в них виникає тоді, коли традиційні методи для даного конкретного винахідника вже випробувані й не дали бажаних результатів. Тому, застосування списків КЗ відносять до методів *ліквідації безвихідних ситуацій*.

Метод КЗ може бути використаний як для вирішення технічних, так і організаційних завдань. Вивчаючи об'єктивні закони і формуючи у себе діалектичне мислення, розробник нової техніки може в зручній для нього формі подумки звернутися до самого себе з питаннями, відповідати на них новими технічними рішеннями.

Якось у одного досвідченого винахідника, який зазвичай користується суто своїми способами пошуку рішень, запитали, чи використовує він у своїй винахідницькій діяльності списки КЗ.

«Зазвичай не використовую, але потрапивши в скрутне становище при розв'язанні задачі не раз перегортаю різні списки КЗ. І не без користі. Я добре пам'ятаю поради Ходжі Насреддіна: «Якщо тобі потрібно прийняти важливе рішення, обов'язково порадься з дружиною, вислухай її дуже уважно... і зроби навпаки»».

8.6 Приклад розв'язання задач за допомогою методу контрольних запитань. При відновленні деталей гарячим пластичним деформуванням доводиться користуватися тонкими довгими пуансонами для їх роздачі. Зазвичай використовують пуансони при співвідношенні їх довжини до діаметра не більше 2,5...3,0. Потріб-

но створити пуансон, у якого це співвідношення 10...12. Такі пуансони, при порівняно невеликому навантаженні, втрачають свою поздовжню стійкість. Як бути?

Розв'яжемо задачу з використанням списку КЗ за Т. Эйлоартом.

1. Запропонований пуансон повинен мати співвідношення довжини до діаметру не менше 12 і поздовжню стійкість, що забезпечує передачу необхідного деформуючого зусилля. Однак існуючі матеріали не можуть забезпечити такої поздовжньої стійкості. Знизити опір металу пластичному деформуванню, тобто підвищити його пластичність.

2. Необхідно відновити, роздачею, довгу деталь малого діаметра. Якби деталь мала наскрізний отвір, то можна було б досягти вирішення поставленої задачі за декілька переходів, використовуючи щоразу пуансон діаметром трохи більшим за отвір деталі. Корінь дерева проникає на дуже велику глибину, сам же корінь дуже тонкий, але проникає вглиб ґрунту він з дуже малою швидкістю. Звідси рішення: зменшити, наскільки це можливо навантаження на пуансон за рахунок зниження швидкості деформування.

3. Зменшити довжину пуансона до прийнятної. Деформувати деталь за декілька проходів, збільшуючи діаметр пуансона при кожному новому проході. При цьому, різко знижується продуктивність - зростає складність штампа і зручність експлуатації. Збільшити поперечний переріз пуансона при перших переходах, а потім на наступних переходах - знижувати діаметр збільшеної частини пуансона.

4. При підведенні пуансона метал «сам по собі» починає переміщуватись в потрібному напрямку. При цьому зусилля на пуансон не перевищує допустимого. Пуансон, як капуста або кріт, пробирається всередину деталі розпушуючи метал в напрямку свого переміщення і ущільнюючи його з боків.

5. Використовувати замість суцільного пуансона, пуансон з рідини або газу. Використовувати пуансон з дуже розігрітого матеріалу, наприклад пуансон з вольфраму розігрітого до 3000 град., при температурі плавлення сталі - 1700 град. Можна використовувати сильно розігрітий газ, плазму з температурою до 4000 град.

Використання магнітної енергії: втягування пуансона як осердя всередину деталі соленоїдом.

Використовувати замість пуансона світлопроменеву або лазерну установку.

Деформувати деталь зі швидкістю, порівняною зі швидкістю переміщення молекул в самому пуансоні. В цьому випадку, пуансон буде собою представляти абсолютно жорстке тіло.

Використовувати замість пуансона речовину, що змінює свій об'єм при поліморфних перетвореннях або при переходах з одного агрегатного стану в інший, наприклад, вода при замерзанні збільшує свій об'єм на 10%, олово при охолодженні до -30 град збільшує свій об'єм на 14%.

6. Підсумувати і обдумати запропоновані ідеї.

7. Я - пуансон, мені на плечі поклали великий вантаж, ледве стою, вантаж збільшили, м'язи не в змозі тримати плечі і поперек - плечі мимоволі опускаються, спина згинається. Вихід - зміцнити поперек поясом важкоатлетів...

РОЗДІЛ 9

МЕТОД МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Метою даного розділу є ознайомлення студентів з методами морфологічного аналізу при розв'язуванні винахідницьких задач, а також при прогнозуванні розвитку технічних систем.

9.1 Короткі відомості про морфологічний аналіз. Морфологічний аналіз розроблений в 1942 р. швейцарським астрономом Ф. Цвіккі, який в цей період був залучений до участі у ранніх стадіях ракетних досліджень і розробок в американській фірмі «Аероджет інжиніринг корпорейшн». За допомогою методу морфологічного ящика [9, 10] Ф. Цвікку вдалося за короткий час отримати значну кількість оригінальних технічних рішень в ракетобудуванні, чим він дуже здивував провідних фахівців і керівників фірми. Багато із запропонованих рішень згодом були реалізовані.

Надалі, Ф. Цвіккі створив ще декілька методів: систематичного покриття поля пошуку; заперечення і конструювання; екстремальних ситуацій та метод узагальнення. Але, всі ці методи можуть розглядатися як доповнення до морфологічного ящика, найбільш універсального і перспективного методу, заснованого на морфологічному підході [9].

Сам морфологічний аналіз випередив еру системних досліджень та став першим яскравим прикладом системного підходу в галузі винахідництва. На думку Ф. Цвіккі, предметом методу морфологічного ящика є проблема взагалі (технічна, наукова, соціальна тощо). Він допускає, що точне формулювання проблеми автоматично розкриває найбільш важливі параметри, від яких залежить її вирішення, і кожен такий параметр може бути розбитий на ряд значень [2, 9]. Причому, будь-яке поєднання значень параметра, вважається принципово можливим. Основний принцип такого аналізу, зокрема методу морфологічного ящика, полягає в систематичному дослідженні всіх можливих варіантів, які впливають з закономірностей будови (тобто морфології) вдосконаленої системи.

Морфологічний метод дослідження був застосований до цілого ряду систем: по твердженню Ф. Цвіккі, понад 70 великих промислових фірм використовують його при вирішенні різноманітних науково-технічних завдань. В результаті застосування свого методу сам Ф. Цвіккі створив серію оригінальних винаходів, в тому числі балістичні пристрої, оригінальні силові установки, вибухові речовини, спосіб комбінованої фотографії і т. д.

Сутність аналізу полягає в наступному. В технічній системі, що вдосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних або функціональних морфологічних ознак. Кожна ознака може характеризувати, наприклад, якийсь конструктивний вузол системи, якусь функцію, чи то режим роботи системи, тобто параметри або характеристики системи, від яких залежить вирішення проблеми і досягнення основної мети.

За кожною виділеною морфологічною ознакою складають список його різних конкретних варіантів, альтернатив, технічного вираження. Ознаки з їх альтернативами можливо розташовувати у формі таблиці, яка називається морфологічним ящиком, що дозволяє краще уявити собі пошукове поле. Перебираючи всі можливі поєднання альтернативних варіантів виділених ознак, можна виявити нові варіанти вирішення задачі, які при простому переборі могли бути упущені.

9.2 Порядок вирішення винахідницьких задач за допомогою морфологічного аналізу. Метод передбачає виконання робіт у п'ять етапів:

1. Точне формулювання задачі (проблеми), що підлягає вирішенню.

Якщо спочатку ставиться питання по одній конкретній системі, то метод безпосередньо узагальнює пошук по всіх можливих системах з аналогічною структурою, і, в підсумку, дає відповідь на більш загальне питання. Наприклад, необхідно вивчити морфологічний характер всіх видів транспортних засобів та запропонувати нову ефективну конструкцію пристрою для транспортування по снігу - снігоходу.

2. Складання списку всіх морфологічних ознак тобто всіх важливих характеристик об'єкта, його параметрів, від яких залежить вирішення проблеми і досягнення основної мети.

Точне формулювання задачі та визначення класу досліджуваних систем (пристроїв) дозволяють розкрити основні ознаки і параметри, що полегшують пошук нових рішень. Стосовно транспортного засобу (снігоходу) морфологічними ознаками можуть бути: А - двигун, Б - рушій, В – опора кабіни, Г - керування, Д - забезпечення заднього ходу, тощо.

3. Розкриття можливих варіантів по кожній морфологічній ознаці (характеристиці) шляхом складання матриці.

Кожна з **n** характеристик (параметрів, морфологічних ознак) володіє певним числом **Кі** різних варіантів, незалежних властивостей, форм конкретного виразу. Наприклад, для снігоходу варіанти:

А₁ - двигун внутрішнього згорання,
А₂ - газова турбіна,
А₃ - електродвигун,
А₄ - реактивний двигун тощо.;

Б₁ - повітряний гвинт,
Б₂ - гусениці,
Б₃ - лижі,
Б₄ - снігомети,
Б₅ - шнеки тощо;

В₁ - опора кабіни на сніг,
В₂ - на двигун,
В₃ - на рушій тощо.

Поєднання одного з можливих варіантів морфологічних ознак з іншими ознаками дає одне з можливих технічних рішень.

Структура технічної системи може бути представлена морфологічними ознаками (наприклад, у наведеному вище прикладі - формулою АБВГД...), але поєднання їх конкретних варіантів (А₁,Б₂,В₁,Г₃,Д₄...) - лише одне конкретне з безлічі технічних рішень, що впливають із закономірностей будови системи.

Сукупність всіх можливих варіантів кожного з перерахованих морфологічних ознак представлена у вигляді матриці, що дає можливість визначити повне число рішень, в цьому випадку:

$$N = \prod_{i=1}^n K_i$$

Якщо в приведеному вище прикладі обмежитись лише названими морфологічними ознаками, то число можливих варіантів рішень буде визначатись наступним виразом:

$$N = 4 \cdot 5 \cdot 3 \cdot \dots \dots$$

Якщо побудувати **n**-вимірний простір (де **n**-кількість морфологічних ознак) і на кожній з осей, що належить одній з ознак, відкласти всі можливі його варіанти, то отримаємо «морфологічний ящик» (для тривимірного простору, тобто для трьох ознак). В кожній точці його, що характеризується **n** конкретними координатами, знаходиться одне можливе технічне рішення.

Дуже важливо, щоб до цього моменту не ставилося питання про практичне здійснення і цінності того або іншого варіанта рішення. Така передчасна оцінка завжди завдає шкоди неупередженому застосуванню морфологічному методу. Однак, відразу після отримання всіх можливих рішень можна зіставити їх з будь-якою системою прийнятих критеріїв.

4. Визначення функціональної цінності всіх отриманих варіантів рішень.

Даний етап - найбільш відповідальний. Щоб не заплутатися у величезному числі рішень і деталей, оцінка їх характеристик повинна проводитися на універсальній та, по можливості, простій основі, хоча це не завжди легка задача.

Повинні бути розглянуті всі **N** варіантів рішень, що впливають із структури морфологічної таблиці, та проведено їх порівняння по одному з декількох найбільш важливих для даної технічної системи показників.

5. Вибір найбільш раціональних конкретних рішень.

Знаходження оптимального варіанту може здійснюватися по кращому значенню найбільш важливого показника технічної системи.

9.3. Морфологічний аналіз як прототип системного підходу при вдосконаленні технічних систем. Морфологічний аналіз створює основу для системного мислення в категоріях основних структурних ознак, принципів і параметрів, що й забезпечує високу ефективність його застосування. Він є впорядкованим способом дослідження, що дозволяє домогтися систематичного огляду всіх можливих рішень даної масштабної проблеми. Метод мислення функціонує таким чином, що генерується нова інформація, яка стосується тих комбінацій, які при безсистемній діяльності уяви вислизують від уваги.

Хоча морфологічному способу мислення притаманне переконання, що всі рішення можуть бути реалізовані, при цьому, багато з них виявляються порівняно тривіальними. Складність застосування морфологічного аналізу полягає в тому, що досі не існує якогось-небудь дійсно практичного і універсального методу оцінки ефективності того чи іншого варіанта рішення. Якщо б воно було знайдене, то можна було, виходячи тільки з теоретичних міркувань, вибрати оптимальну комбінацію елементів для кожного проєктованого пристрою [10]. Таким чином, процес винаходу був би замінений безпосереднім аналізом альтернативних варіантів, що по силам і ЕОМ. Найчастіше, виявляється, що робочі характеристики пристрою, в основу будови якого покладена невідома раніше комбінація елементів, є більш або менш невизначеними.

9.4. Шляхи скорочення числа альтернативних варіантів, пропонованих методом морфологічного аналізу технічних систем. Іноді, при виборі оптимального варіанту технічної системи пропонують скористатись наступною методикою. Самий складний етап роботи за методом морфологічного аналізу є вибір потрібної, оптимальної комбінації морфологічних ознак ТС. Правил відбору немає, тому доводиться діяти наважання. Між тим, сильні поєднання можуть «ховатися» серед тисяч «слабких» і взагалі безглузвих (за сучасними уявленнями) поєднань. Це різко знижує ефективність методу, але в тих випадках, коли система нескладна і кількість комбінацій невелика, він цілком прийнятний.

Безпосереднє скорочення кількості альтернативних варіантів може бути в наступному порядку:

- скорочення числа варіантів ще до складання багатовимірної матриці шляхом зменшення кількості вибраних ознак об'єкта за рахунок виключення малоймовірних або незначних ознак;

- дроблення багатовимірних матриць на 2-го мірні і 3-и мірні, після чого знаходять оптимальний варіант кожної з таких матриць. Далі, ці варіанти в свою чергу комбінують один з одним.

- можливий варіант послідовної побудови 2-го або 3-и вимірних матриць за найважливішими ознаками, знаходження оптимального варіанту, а потім побудова нової матриці за отриманими оптимальними варіантами з використанням укрупнених ознак.

9.5. Приклади розв'язання винахідницьких задач за допомогою морфологічного аналізу. Суть методу краще всього пояснити на простому прикладі, що наводиться самим Ф. Цвіккі. Він детально розглянув повний спектр всіх можливих видів реактивних двигунів (станом на 1951 р.), що працюють на хімічному паливі в однорідному середовищі (вакуум, повітря, вода, земля). Аналіз був проведений в такій послідовності.

1 етап. Точно формулювання задачі: існує потреба в нових ефективних конструкціях реактивних двигунів.

2 етап. Складання списку всіх морфологічних ознак технічної системи, характерних параметрів, від яких залежить вирішення проблеми.

P1 - ресурси палива (хімічного агента),

P2 - спосіб створення тяги,

P3 - тип регулювання тяги,

P4 - спосіб регулювання тяги,

.....

P7 - агрегатний стан середовища,

.....

P9 - агрегатний стан палива,

..... тощо.

Було обрано всього 11 ознак. На жаль, не існує та і не може бути надійного способу перевірки повноти такого списку, про що свідчить приклад самого Ф. Цвіккі. Він не врахував, наприклад, швидкості згорання палива в звуковому режимі витікання стру-

меня та у надзвуковому. А, між тим, втіленням надзвукових швидкостей згорання є прямоточний повітряно-реактивний двигун, який в даний час розглядається як один з найбільш перспективних рішень.

З етап. Розкривання можливих варіантів за кожною морфологічною ознакою і складання морфологічної матриці.

P1 - ресурси палива:

P11 - запасені на борту ракети,

P12 - які надходять із зовнішнього середовища;

P2 - спосіб створення тяги:

P21 - за рахунок внутрішніх джерел,

P22 - за рахунок зовнішніх джерел;

P3 - тип регулювання тяги:

P31 - за рахунок власних джерел,

P32 - за рахунок зовнішніх джерел,

P33 - відсутність регулювання;

P4 - спосіб регулювання тяги:

P41 - внутрішнє регулювання,

P42 - зовнішнє регулювання;

P7 - агрегатний стан середовища:

P71 - безповітряний простір,

P72 - повітря,

P73 - вода,

P74 - земля;

P9 - агрегатний стан палива:

P91 - газоподібне,

P92 - рідке,

P93 - тверде.

При складанні списку альтернатив, потрібно сміливіше вводити фантастичні варіанти і можливості (наприклад, варіанти P12 і P22) - це сильно розширює можливості методу, підвищує його ев-

ристичну цінність і сприяє збільшенню числа принципово нових, оригінальних рішень. Остаточна отримана морфологічна матриця має вигляд (див. рис. 2).

4 етап. Визначення функціональної цінності всіх можливих варіантів рішень.

Необхідно виписати і оцінити можливі варіанти рішень за формулами: P11P12P13P14P15P16P17P18P19;

P21P22P23P24P25P26P27P28P29..., тощо.

Простий перебір призводить до величезного числа таких варіантів. Число умовних реактивних двигунів у нашому прикладі дорівнює:

$$2 \times 3 \times 4 \times 2 \times 4 \times 2 \times 2 \times 4 \times 3 \times 2 \times 2 = 36864,$$

Безумовно, деякі з цих варіантів завідомо є суперечливими. І наявні внутрішні обмеження знижують початкову цифру до 25344. Навіть якщо відкинути ознаки роботи двигунів в різних середовищах, їх залишиться приблизно 10000.

Перша оцінка, зроблена Ф. Цвіккі в 1943 році на основі меншого числа параметрів, у числі яких, були правильно враховані, тоді ще секретні, німецький літак-снаряд «ФАУ-1» і ракета «ФАУ-2» з імпульсними двигунами [9].

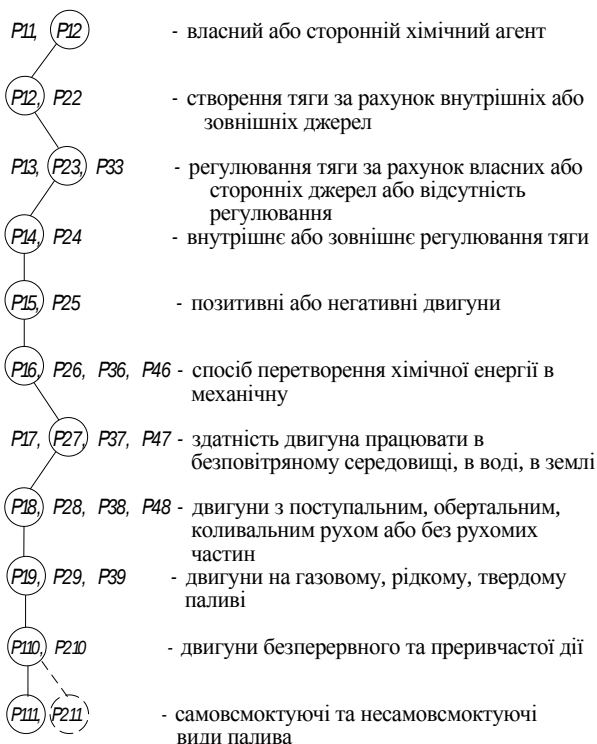


Рисунок 3 - Морфологічна матриця реактивних двигунів на хімічному паливі

5 етап. Вибір найбільш перспективних рішень.

У наведеній на рис.1 морфологічній матриці, поєднання обведених колами варіантів ознак, відноситься до міжпланетного прямоточного повітряно-реактивного двигуна (ППРД). Ф. Цвіккі зазначає, що особливий інтерес представляє наявність в ній варіанту P12, показує, що хімічна енергія повністю витягується з навколишнього середовища, і що ракетний двигун не потребує запасів палива на борту.

9.6. Прогнозування розвитку технічних систем за допомогою морфологічного аналізу. Значення методу морфологічного аналізу в методиці винахідництва не зводиться до визначення спек-

тру можливих варіантів розв'язання винахідницьких завдань. Застосування його сприяє виробленню системного підходу до вирішення задачі, що дозволяє розглядати практично всі можливі на сьогоднішній день комбінації функціональних характеристик об'єкта, що вдосконалюється. Крім того, метод можна з успіхом використовувати для виявлення проблеми, постановки винахідницької задачі, визначення можливостей впровадження і поширення винаходу.

Використання принципів морфологічного аналізу для прогнозування можливості виникнення нових видів зварювання. Як відомо зварюванням називається процес утворення нероз'ємного з'єднання, головним чином, металевих деталей, в процесі якого між зварюваними поверхнями утворюється металевий зв'язок. При зварюванні поверхні необхідно зблизити до відстаней, порівнянних з розміром атома, щоб могли вступити у взаємодію електричні сили взаємного притягування позитивно заряджених ядер атомів та електронного газу металу. Досягнення таких умов взаємодії поверхонь зварюваних деталей можливе різними шляхами. Виходячи з цього можливі різні методи зварювання.

В табл. 2 представлені відомі на сьогодні способи забезпечення необхідних умов для зварювання деталей. Заповнені клітини табл. 2 відповідають відомим видам зварювання. А незаповнені із знаками запитання - таким видам зварювання, які можуть бути винайдені і використані найближчим часом.

Таблиця 2 - Морфологічна прогностична двовимірна матриця розвитку зварювання

Характеристика поля, що стискає деталі, які зварюються		Гравітаційне	Механічне			Акустичне		
Джерело енергії, яке використовується для підігрівання деталей			стаціонарне	імпульсне	ударне	звукове	ультразвукове	інфразвукове
		Дифузійне		?	зварювання вибухом	?	Ультразвукове зварювання	?
Механічне		?	зварювання тертям	?	?	?	?	?
хімічне	газ	Газове зварювання	?	?	Ковальськ ^е	?	?	?
	рідина	?	?	?		?	?	?
	тверде паливо	Термічне зварювання	?	?		?	?	?
електромагнітне	електрична дуга	електродугове, плазмове	?	?	?	?	Електродугове з накладенням ультразвуку	?
	електричний опір	?	контактне рельєфне	стикове	?	?	?	?
	Індукційне нагрівання	індукційне	?	?	?	?	?	?
на випромінюван	світлове когерентне (лазерне)	лазерне зварювання		?	?	?	?	?
	світлове	світловипромінювання		?	?	?	?	?
	інфрачервоне випромінювання	зварювання інфрачервоним випромінюванням		?	?	?	?	?
	випромінювання	?	?	?	?	?	?	?
		електронне зварювання	?	?	?	?	?	?
		?	?	?	?	?	?	?

Використання принципів морфологічного аналізу для прогнозування розвитку технічної системи на прикладі електромагнітного витратоміра.

На рис. 4 представлена принципова схема електромагнітного витратоміра. У витратоміра є три основні елементи, причому на рис. 4 розташовані вони в строго визначеному порядку. Зовні, з двох сторін - магнітна система - М, всередині два електрода - Е, а в самій середині - середовище - С. Тоді структурну формулу електромагнітного витратоміру можливо представити у вигляді:

MECCEM

Комбінуючи виявлені елементи електромагнітного витратоміра, тобто фактично змінюючи їх взаємне розташування в просторі, отримаємо наступні схеми:

1. MECCEM
2. EMCCME
3. CMEEMC
4. MCEECM
5. ECMMCCE
6. CEMMEC

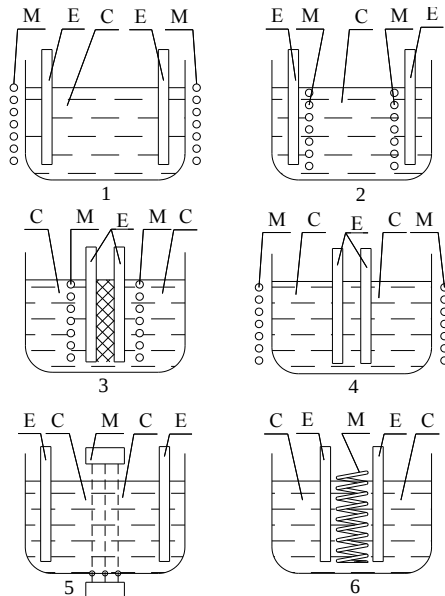


Рисунок 4 - Схеми електромагнітного витратоміра

Перша структурна формула відповідає вже знайомому нам електромагнітному витратоміру. А інші п'ять? Мабуть, це теж витратоміри, у них ті ж основні частини - потік рідини, електроди, магнітна система. Але, це вже якісь інші витратоміри, незвичайні. Наприклад, у конструкціях 3 і 6 рідина знаходиться зовні.

Таким чином використовуючи найпростіший прийом ми отримали нові прилади (див. рис. 4). У конструкціях 3 та 6 рідина знаходиться зовні. Чи може таке бути? Цілком. Наприклад, море за бортом корабля. Правда, прилад не виміряє кількість води в морі, але зате покаже швидкість корабля: чим вища швидкість, тим більша електрорушійна сила на електродах.

Конструкція рис. 6 більш компактна порівняно з іншими конструкціями - це її перевага, але вона має і серйозний недолік: електроди розташовані зовні електромагніту, а найбільш «густе» магнітне поле всередині електромагніту. В конструкції рис. 3 електроди знаходяться всередині соленоїда - такий прилад в десятки разів більш чутливий приладу за схемою 6. До цих пір були відомі схеми 1 і 6. Чотири інші виявилися новими! І не просто новими, а мають нові корисні якості. Прилад 3 не тільки більш чутливий за прилад 6, а й краще охолоджується (магнітна система безпосередньо стикається з водою), це дуже важливо, тому що можна підсилити магнітне поле, зробити прилад ще більш чутливим.

Прилад 4 дозволяє пересувати електроди по ширині потоку, що дозволяє вимірювати швидкість рідини в різних точках. Те ж саме дозволяє робити прилад за схемою 5, але в ньому переміщуються не електроди, а магнітні силові лінії: вони не викликають вихорів в потоці, не змінюють лінії течії рідини. Такий прилад не тільки точніший, але і краще пристосований до роботи з агресивними рідинами.

У звичайних витратомірах 1 магнітна схема знаходиться зовні труби, а стінки труби вносять перешкоди у роботу приладу. За схемою 2 всі частини приладу знаходяться всередині потоку, показання приладу не залежать від матеріалу, з якого зроблена труба.

Можна підвести підсумок: ми використали найпростіший прийом перестановки частин і виявилось, що така перестановка дозволяє отримувати нові винаходи.

Аналогічно можна дослідити схему електромагнітного фільтру, представленого на рис. 5

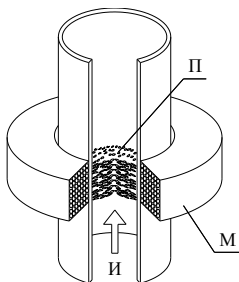


Рисунок 5 - Схема електромагнітного фільтру

9.7 Область застосування методу морфологічного аналізу

Найбільш доцільно використати морфологічний аналіз при вирішенні конструкторських задач загального плану: при проектуванні машин і пошуку компоновальних або схемних рішень. Наприклад, потрібно запропонувати новий тип індивідуального транспорту в умовах міста, вибрати раціональну конструкцію підводного (донного) транспорту і т. д.

Метод може застосовуватися для виконання простих винаходів, а також при прогнозуванні розвитку технічних систем, при визначенні можливості патентування в тому чи іншому абстрактному вигляді комбінацій основних параметрів з метою «застовпити» майбутні винаходи [2, 11].

9.8. Таблиця законів природи

Вершиною застосування методу морфологічного аналізу є винайдена Р. ді Бартіні і П. Кузнецовим *таблиця законів природи*.

Виходячи з розмірностей фізичних величин (L - довжина, T - час), можна не тільки усвідомити суть відомих законів, а й відкрити нові закони.

Спрощена кінематична система фізичних величин була розроблена Р. ді Бартіні і П. Кузнецовим. Вона складається з вертикальних стовпців, що представляють собою цілочисельні ступені довжини L і горизонтальних рядків - цілочисельних ступенів часу T . Їх перетини - клітини - дають розмірність тієї чи іншої фізичної величини. Становий хребет таблиці - позначені жовтим кольором, ря-

док Т і стовпець L0, перехрестя яких є опорною точкою, що містить всі безрозмірні фізичні константи.

Оскільки відкриття закону природи полягає в тому, щоб вказати клас явищ, в яких та чи інша фізична величина залишається постійною, кожна клітина містить в собі вказівку на той чи інший фізичний закон. А тому, всю систему можна розглядати як таблицю законів природи. Червоним кольором виділені шість клітин, в яких заковдані великі закони збереження, які зіграли велику роль у становленні сучасної науки, і дві клітки (в останньому стовпці), що вказують на відкриття останніх років.

Табл. 3 містить в собі тільки ті величини, які застосовуються в механіці. Але, в ті ж самі клітини можуть бути вписані і величини, які використовуються в електромагнетизмі, оптиці і термодинаміці, що породжує «розмірні ізопопи» - величини різної фізичної природи, що мають однакову розмірність.

9.9 Переваги і недоліки методу морфологічного аналізу.

До переваг методу морфологічного аналізу слід віднести:

- порівняна простота підходу до системного аналізу технічних систем;
- елементи системного підходу при вирішенні проблеми;
- унікальна можливість прогнозування розвитку технічних систем.

До недоліків методу морфологічного аналізу слід віднести:

- занадто велика кількість варіантів при вирішенні складних ТС, що ускладнює переробку матеріалу на стадії вибору рішення;
- відсутність механізму і критеріїв вибору кращих рішень.

Створюючи морфологічний аналіз, Ф. Цвікки основну увагу приділяв не стільки вдосконаленню вже створених ним методів, скільки розробці нових, які забезпечать їх практичне використання.

В цілях підвищення ефективності і розширення можливості застосування морфологічного методу в нашій країні ведеться його подальше вивчення та доопрацювання. Так, В. А. Одрінім і С. С. Картавовим [9] проведений глибокий теоретичний аналіз методу, сформульовані основні поняття і терміни, запропоновані нові принципи і підходи до аналізу і синтезу технічних систем.

Таблиця 3 - Таблиця законів природи

	L^{-1}	L^0	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	L^6
T^{-6}								Швидкість перенесення потужності (мобільність)
T^{-5}							Потужність	
T^{-4}			Питома вага. Градієнт тиску	Тиск Напруження	Поверхнєве натяжіння Жорсткість	Сила	Енергія	Швидкість перенесення моменту імпульсу
T^{-3}			Масова швидкість	В'язкість	Масова витрата	Імпульс	Момент імпульсу	
T^{-2}		Кутове прискорення	Лінійне прискорення	Потенціал гравітаційного поля	Маса		Динамічний момент інерції	
T^{-1}		Кутова швидкість	Лінійна швидкість	Швидкість зміни площі				
T^0	Кривизна	Безрозмірні величини (радіани)	Довжина	Площа	Об'єм	Момент інерції площі плоскої фігури		
T^1		Період						
T^2								

РОЗДІЛ 10

СИНЕКТИКА

Метою цього розділу є ознайомлення слухача (студента) з основами синектики, як універсальної методики пошуку технічних рішень одного з найбільш ефективних методів вдосконалення методу спроб і помилок

10.1 Короткі відомості про синектику. Синектика найбільш сильна із створених за кордоном методик психологічної активізації творчості - і є подальшим розвитком вдосконалення мозкового штурму. Вона запропонована американським винахідником і дослідником методології творчості Ст. Дж. Гордоном.

Питання методології пошуку нових ідей і рішень стали його цікавити в 1944 році, коли він аналізував роботу однієї винахідницької групи, що відрізняється високою продуктивністю. Синектика була розроблена в 1952 - 1959 році, а в 1960 році Гордон створив спеціальну фірму по навчанню творчому мисленню - «Синектик інкорпорейтед».

Слово «синектика» в перекладі з грецької означає «поєднання різнорідних елементів». В повному словнику англійської мови дано таке визначення: «Синектичні групи - групи людей різних спеціальностей, які зустрічаються з метою спроби творчих рішень проблем шляхом необмеженого тренування уяви і об'єднання несумісних елементів».

Чим же відрізняється синектика від мозкового штурму?

Перш за все, високим рівнем спеціалізації синекторів та появою «професійних генераторів» нових ідей.

При використанні синектики формують постійні групи (оптимальний склад 5 - 7 осіб) людей різних спеціальностей, яких навчають винахідницьким прийомам. Бажано навіть, щоб кожен з них мав кілька різних професій.

Теоретичною основою синектики стали твердження, що творчий процес пізнаваний і може бути раціонально організований, творчі процеси окремої особи і колективу аналогічні, ірраціональ-

ний момент у творчості важливіший раціонального; у латентному (прихованому) стані знаходиться дуже багато творчих здібностей, які можна виявляти та стимулювати.

Організація проведення сесії синекторів (синектичного засідання) запозичена з мозкового штурму, однак відрізняється від нього використанням деяких прийомів психологічного налаштування, в тому числі дуже активним застосуванням аналогій.

10.2. Структура сучасного синектичного процесу.

Генерування винахідницьких ідей здійснюється на сесіях синекторів. Цікавою особливістю проведення таких сесій є концепція, що ніхто, крім керівника, не повинен бути посвячений в конкретні умови винахідницької задачі. Передчасне чітке формулювання задачі тягне за собою труднощі в абстрагуванні від звичайного ходу мислення і найжджених шляхів.

Проведення сесій синекторів відрізняється від проведення МШ використанням інших прийомів психологічного налаштування, застосуванням: деяких видів аналогій з використанням операційних механізмів.

При розв'язуванні винахідницьких задач методика синектики рекомендує використовувати «механізми творчості».

«Операційні механізми», до яких відносять пряму, особисту, символічну і фантастичну аналогії, автори синектики вважають можливо розвинути навчанням. Такі явища, як інтуїція, натхнення, абстрагування від звичайного контексту, вільний роздум, використання не відносяться до справи можливостей, застосування метафор і елементів гри вважають «нетрадиційними механізмами», розвиток яких не гарантується навчанням.

Послідовність виконання синектичного аналізу наступна.

1 етап. Формуємо проблему в загальному вигляді.

Сесія починається з обговорення деяких ознак задачі, наприклад, з розгляду фізичного принципу процесу. Обговорення охоплює широкий діапазон загальних проблем і поступово звужується під впливом питань керівника сесії, який повинен спрямовувати обговорення у бажане русло.

Останнім часом синектори формулюють проблему в тому вигляді, в якому вона дана замовником.

На синектичне засідання запрошуються експерти (фахівці в області даної проблеми), які прояснюють проблемну ситуацію. Експерт повинен бути підготовлений до обговорення і знайомий з основами синектики. Він є помічником керівника і може давати пояснення в області технічної політики в даній галузі, задавати навідні запитання. Головні задачі експерта - виявлення корисних і конструктивних ідей шляхом оперативного аналізу висловлювань.

В початковій стадії обговорення учасники прагнуть негайно, без дотримання синектичних процедур знайти рішення проблеми. Шляхом аналізу перших рішень експерт зобов'язаний показати їх слабкі сторони (перші ідеї часто гальмують творче мислення учасників) і роз'яснити суть дійсної проблеми.

Синектори називають цей етап формулюванням «проблеми як вона дана».

2 етап. Аналіз проблеми.

Цей етап синектори проводять спільно з експертом. Вишукуються можливості перетворити незнайому незвичну проблему в деякі звичні. Кожен учасник, включаючи експерта, зобов'язаний знайти і оригінально сформулювати одну мету рішення.

Після поясненні суті проблеми та її цілей членам синектичної групи дається можливість сформулювати її так, як вони її розуміють або як вона їм здається. Тут з'являються традиційні напрямки (концепції), за якими можна було б здійснити пошук рішення задачі. По суті, в більшості випадків цей етап означає дроблення проблеми на частини, підпроблеми. Одне з найбільш вдалих формулювань вибирає експерт або керівник.

Цей етап синектори називають формулюванням «проблеми як її розуміють».

3 етап. Генерування ідей вирішення проблеми в тому формулюванні, на якому зупинено вибір.

Для цього починають екскурсію по різних областях техніки, живої природи, політики, психології, релігії і тощо з метою вияв-

лення того, як подібні (аналогічні) проблеми могли б бути вирішені в цих далеких від даної проблеми областях. Основна мета екскурсії - знайти нову точку зору на проблему, що розглядається. Такий підхід дозволяє подумки піти далеко в бік від обговорюваної теми і, на думку синекторів, сприяє активізації творчого мислення.

Екскурсія починається з того, що керівник просить привести приклади-прецеденти, в яких мала місце ситуація, аналогічна цій, задає питання, що викликають аналогії. В процесі знаходження таких прикладів синектори використовують чотири види аналогій пряму, особисту, символічну, фантастичну.

При *прямій аналогії* аналізований об'єкт (процес) порівнюється з більш або менш аналогічним з іншої галузі техніки або живої природи. Виконується спроба використання готових рішень.

Наприклад, вирішується задача: По трубопроводу рухається пульпа - вода з частинками залізної руди. Для регулювання потоку пульпи використовується заслінка. Частинки руди вдаряючись об заслінку швидко її зношують. Як забезпечити захист заслінки від швидкого зношення?

Інженер розгляне як вирішується така задача в інших галузях промисловості; як захищають аналогічні елементи конструкцій при гідротранспортуванні інших матеріалів, зокрема руд.

Синектична група йде далі: в ланцюжок аналогій входять схожі елементи в дробострумних апаратах; синектори розглядають як захищають від пошкоджень рослини, зокрема дерева; як захищаються стравоходи риб або тварин, що харчуються колючою жорсткою їжею, тощо.

При вдосконаленні процесу фарбування меблів застосування прямої аналогії буде полягати в тому, щоб розглянути, як фарбуються мінерали, квіти, папір і т. д.

Особиста аналогія або емпатія, персональна аналогія - отождошення себе з технічним об'єктом. Людина, що вирішує задачу вживається в образ об'єкта, що вдосконалюється, намагаючись з'ясувати виникаючі при цьому відчуття, тобто «відчути» задачу. Застосовуючи її, дослідник зможе краще уточнити задачі, визначити умови її здійснення, виявити ряд чинників, пов'язаних з вирішен-

ням проблеми, які зазвичай вислизують від уваги. В деяких випадках, саме цей прийом дозволяє знайти сильне рішення.

Діти чудово вміють користуватись цим видом аналогій. Емпатія - один із широко використовуваних ними інструментів пізнання світу. Дитина охоче і яскраво представляє себе і літаком, і криголамом, і навіть електролампочкою. Раціональні методи навчання витісняють емпатію, і у більшості людей до 25 років від вміння представляти себе яким-небудь об'єктом не залишається і сліду. А, емпатія може бути дуже корисна для вирішення найрізноманітніших задач.

Для розвитку особистої аналогії доцільно послідовно використовувати три прийоми:

а) опис фактів уявного положення технічного об'єкта від першої особи;

б) опис емоцій і почуттів, приписуваних об'єкту від першої особи;

в) емпатія, ототожнення себе з технічним об'єктом, вживання в його цілі, функції, труднощі.

В прикладі з фарбуванням меблів можна уявити себе білою вороною, яка хоче якось пофарбуватися, щоб сховатися або навпаки ще більше виділитися.

В прикладі з заслінкою, що швидкозношується спробуйте уявити себе на місці заслінки. Наприклад, у вузькому, низькому коридорі, по якому летять різні предмети, скажімо сучкуваті поліна, каміння, м'ячі, вам потрібно регулювати їх потік. Багато дослідників говорили, що вони стали б ухилятися від ударів, тобто не могли уявити себе в цій важкій ролі. Адже, заслінка повинна «навмисно» взаємодіяти з потоком та часточками руди, що її руйнують. В цьому якраз полягає недолік емпатії, однак в цьому і її сила. Той, кому вдалося представити себе на місці заслінки відразу говорив, що потрібно зловити перше поліно, що в тебе летить і з його допомогою управляти польотом інших. І, заслінка в потоці пульпи повинна робити те саме. Досить заслінку намагнітити, і вона покриється захисною, і, до того ж, постійно самовідновлюваною кольчугою.

Особисте ототожнення з елементами задачі звільняє людину від мислення в одній площині і дозволяє розглядати проблему в новому незвичному світі.

Символічна аналогія - деяка загальна, абстрактна аналогія. Потрібно в парадоксальній формі сформулювати (буквально в двох словах) фразу, що відображає суть явища. Вона повинна виражати зв'язок між словами, які, зазвичай, ніяк одне з одним не зіставляються, і містять в собі щось несподіване, незвичайне. Згодом, застосування символічної аналогії було скорочено до прийому знаходження «назви книги», що характеризує певне ключове поняття так, щоб воно обов'язково містило парадокс.

На сесіях синекторів пошук оригінальної «назви книги» розуміють як стислу, часто поетичну форму сенсу ключового слова, вибраного або при розгляді проблеми «як її розуміють», або в ході обговорення аналогічних прикладів. Спочатку вибирається ключове слово, що представляє інтерес з точки зору керівника сесії, потім пропонується виразити сутність цього слова у вигляді оригінальної короткої фрази, що містить парадокс.

Наприклад:

Ключове слово

«Назва книги»

Мармур

Веселкова постійність

Храповий механізм

Надійна переривчастість

В'язкість

Невпевнена видозміна

Розчин

Зважена плутанина

Множинність

Розсудлива обмеженість

Сприйнятливність

Мимовільна готовність

Кулеметна черга

Об'єднані перерви

Полум'я

Видима теплота

Міцність

Примусова цілісність

Атом

Енергійна незначність

Шліфувальний круг

Точна шорсткість

Літератори і журналісти часто користуються цим прийомом для того, щоб в назві твору яскраво розкрити суперечливу сутність описуваних персонажів чи явищ: «Без вини винуваті», «Квіти зла», «Гарячий сніг», «Живий труп», «Очевидне - неймовірне». Таким

чином, характеристики корисно давати і технічним об'єктам при пошуку нових ідей. Такий прийом дозволяє здійснити перехід в далекі від обговорюваної проблеми, сфери людської діяльності. Це збільшує можливість досягнення успіху в рішенні задачі.

При пошуку назви книги для слова «захист» були запропоновані такі символічні аналогії:

- жива броня
- невидима кольчуга
- відростаючий панцир.

Отримані аналогії підказують технічне рішення захисту застінки від руйнування пульпою, наприклад, подавати до застінки охолоджуючий агент. Вона буде покриватися льодом, який буде оберігати її від стирання.

При *фантастичній аналогії* вводяться якісь фантастичні засоби або персонажі, що виконують те, що потрібно за умовою задачі. Наприклад, як зміниться наша проблема, якщо перестане діяти тяжіння? Або придумайте застінку, яка сама себе відновлюватиме. На перший погляд, це фантастика, однак, на практиці призводить до реальних результатів.

Фантастична аналогія сприяє генерації свіжих і оригінальних ідей, активізує творче мислення.

4 етап. Перенесення знайдених в процесі генерування ідей на проблему, що вирішується («як її розуміють» та «проблема як вона дана»), а також виявлення їх можливостей.

Ведучий закінчує етап, повертаючи групу до розглянутої задачі, і намагається пов'язати отриманий, матеріал, який зовні не відноситься до справи, з проблемою в тому вигляді, в якому вона була представлена. Окремі слова, що виникли в процесі обговорення, використовують, щоб викликати нові точки зору на проблему, що сприяє її успішному подоланню. Важливим елементом цієї стадії є критична оцінка експертів.

Якщо отриманий погляд на вирішення проблеми виявляється практично не реалізованим, можна повторити весь процес для розбирання інших ідей.

5 етап. Розвиток і конкретизація ідей.

Синектичні засідання, що тривають зазвичай декілька годин, займають лише незначну частину загального часу рішення поставленої задачі. Решту часу синектори присвячують інженерному аналізу, вивчають і обговорюють отримані результати: консультуються з фахівцями, експериментують, а коли рішення визріло, займаються пошуками найкращих способів його реалізації. Велике значення надається обов'язковому відео або аудіозапису засідань. Вивчення їх є потужним знаряддям тренування, а також сприяє встановленню пріоритету, не дає можливості пропустити якусь цінну ідею в обстановці загального збудження.

Постійними клієнтами фірми «Синектикс інкорпорейтед» поряд з дрібними фірмами є й найбільші: «Дженерал Електрик», IBM (обчислювальні машини), «Ремінгтон» (зброя), «Зінгер» (швейні машини) і ін. Відгуки про цінності синектики, як правило, позитивні.

На зміну простим методам пошуку нових технічних ідей і рішень, таким як метод мозкового штурму, метод контрольних запитань прийшли більш складні такі як синектика. Більш детально відпрацьовані деякі раціональні і ірраціональні прийоми творчості. Процедури пошуку, що здавалися раніше неподільними, розділились на більш дрібні операції. Для навчання методам пошуку нових технічних ідей і рішень були створені перші спеціалізовані школи технічної творчості. Так виглядав черговий крок на шляху створення сучасної технології винахідництва.

10.3. Область застосування синектики

Синектику слід віднести до одного з найбільш сильних методів генерування ідей. Сфера використання синектики - практично будь-яка область техніки. До недоліків методу слід віднести складність навчання, що триває 5...12 місяців. Метод не спирається на об'єктивні закономірності матеріального світу, зокрема, техніки, звідси впливають слабкі сторони методу:

- відсутність цілеспрямованого руху до вирішення задачі;
- відсутність прогнозу розвитку технічної системи.

10.4. Приклади розв'язання технічних задач за допомогою синектики. Задача. Знайти новий ефективний принцип машини для стрижки газонів (косарки).

Керівник сесії вирішує, що фізична сутність процесу стрижки газонів полягає в поділу трави - відділенні її верхівки. Темою обговорення він вирішує висунути способи поділу. Учасникам сесії нічого не говориться про стрижку газонів.

Керівник. Предметом обговорення на нашій сесії є проблема поділу. Необхідно вигадати різні способи поділу речей і матеріалів. Намагайтеся проводити дискусію вільно і невимушено. Є питання? Ні? Тоді почнемо.

Білл. Виділення солі з соляного розчину можна здійснити з допомогою іонів і за допомогою електролізу.

Керівник. Ви пропонуєте електрохімічну реакцію.

Альберт. Сипучі матеріали різної величини можна розділити ситом.

Джим. Тверді частинки від рідини можна відокремити за допомогою відцентрової сили.

Вже на цьому початковому етапі сесії керівник міг би спрямувати дискусію на спеціальну тему. З принципу роботи центрифуги можна запозичити ідею використання перфорованого барабана, що швидко обертається для стрижки газонів. Барабан, що швидко обертається асоціюється з електробритвою. Принцип леза, що обертається всередині перфорованого кожуха, міг бути покладений в основу потенційного рішення задачі.

Керівник. Так, ми використовуємо центрифугу, коли відділяємо вершки від молока.

Мері. Вихід судна з доку також є видом поділу.

Джим. Так само, як і відділення жовтків від білка яйця під час приготування кексу.

Білл. Розщеплення атома.

Альберт. Поділ відбувається, коли людина кидає м'яч.

Керівник. Яким чином відбувається поділ, коли спортсмен кидає м'яч?. Сила прикладена до...?

Альберт. Тут діють дві сили. Сила земного тяжіння і сила прикладеного поштовху. Якщо спортсмен не штовхне його рукою, то м'яч залишиться на місці.

Білл. Якщо сніговий м'яч довго тримати в руці, він розтане. Адже це теж поділ.

Тут керівник може углядіти інші рішення задачі про підстригання газонів. Ацетиленовий пальник дозволяє застосувати полум'я для спалювання верхівок трави. Можна застосувати також нагрітий дріт. Останній буде володіти деякими перевагами (малою вагою апаратури, легкістю переміщення, зручністю обслуговування).

Керівник. Це буде поділ за допомогою тепла і різниці температур. Які можуть бути інші способи поділу теплом?

Білл. Зварювальний апарат розрізає метал на шматочки полум'ям.

Альберт. Хірурги здійснюють поділ, наприклад, коли видаляють апендикс. Процеси поділу поширені в природі, наприклад, відділення листя дерев.

Джоан. Поділ клітин.

Альберт. У багатьох тварин линяє шерсть. Ми відокремлюємо від раковин устриць, коли їх їмо.

Кейт. Коли ми засинаємо, ми відокремлюємо бадьору свідомість від підсвідомості. Ми відокремлюємо себе від нормального психічного середовища.

Альберт. Коли ми вживаємо алкоголь, ми відокремлюємо себе від реального світу.

Джо. Те ж саме, відбувається у випадку застосування наркотичних речовин.

Ці слова дозволяють побачити ще одне потенційне рішення задачі. Мабуть, траву газонів можна обробляти хімікатами, щоб регулювати її зростання.

Джим. Однією з основних проблем в організації системи знань є відділення однієї частини знань від іншої.

Альберт. Ми відокремлюємо роботу від гри.

Звуження області пошуку ідей.

Керівник. Уточнимо нашу проблему. Потрібно роздумувати в поняттях фізичного розділення і відокремлення різних предметів і матеріалів.

Джо. Розрізання ножем.

Джим. Розрізання за допомогою гільйотини.

Джо. Інструмент для поділу повинен бути гострим і вузьким.

Тупий інструмент не дасть якісного поділу.

Джин. Видалення зуба зубним лікарем.

Білл. Поділ випаровуванням.

Джоан. Тривале випаровування може бути засобом поділу.

Джим. Ампутація.

Альберт. Ми поділяємо їжу, коли їмо.

Джим. Відділення зерна від половини віялкою.

Поль. Лісоруб відокремлює дерево від кореня.

Джим. Розпилювання деревини здійснюють циркулярною пилкою. З цього повідомлення керівник може отримати ідею розсіювання зрізаної трави в процесі стрижки газонів.

На основі принципу циркулярної пилки може бути розвинена основна ідея стрижки газонів, що містить ротаційне лезо.

Звіт повинен містити:

- опис основних принципів синектики;
- блок-схему розв'язання технічних задач з використанням методу синектики;
- запис умов завдань, запропонованих викладачем.
- запис ходу розв'язування задач з використанням методу синектики.

РОЗДІЛ 11

ПРАВИЛА ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧІ

Метою цього розділу є ознайомлення слухача (студента) з правилами виділення із винахідницької ситуації власне винахідницької задачі, а також елементарними методами розв'язання виділених задач

«Перш ніж вирішувати задачу, корисно ознайомитися з її умовами».

Математик Дьордь Пойа.

11.1. Постановка задачі. Відомо, що при вирішенні реальних задач в науці, в техніці і інших галузях людської діяльності, які потребують творчого підходу, надзвичайно велику роль відіграє перша фаза роботи - процес засвоєння задачі, розуміння її суті, або, як прийнято говорити, постановка задачі.

Генеральний конструктор знаменитих АНів, академік, А.Н. Антонов часто говорив, що правильно поставлена задача містить в собі 50% її вирішення. Абсолютно правильно поставлене завдання включає повністю 100% його вирішення.

Дійсно, адже абсолютно правильно поставити завдання можливо лише тоді, коли знаєш його вирішення.

Як тільки ми взялися за яку-небудь задачу, наш розум атакує буквально з усіх боків різними факторами. Кожен окремий елемент задачі прагне захопити сферу впливу на нервову систему, викликати свої асоціації, часто відвести в свою сторону, не рахуючись з іншими елементами і всією проблемою в цілому. В цих умовах особливо гірко дають про себе знати звичайні слабкості мислення: стереотипність і упередженість. Людина, яка вперше зіткнулась з творчою технічною задачею, нерідко доводить себе до виснаження в гонитві за врахуванням незначних деталей, прагнучи строго слідувати відомим методам і приписам.

Перше вміння, яке необхідне в процесі розуміння задачі, найпростіше і водночас найскладніше - вміння з безлічі умов і даних ви-

дібрати головні, а інші відкинути. Тримати їх поки в голові і не включати в розрахунок.

Дуже добре сформулював головне правило першої фази видатний радянський авіаконструктор Роберт Людвигович Бартіні: «При вирішенні поставленої задачі необхідно встановити, наскільки можливо, компактну фактор групу сильного зв'язку, визначити фактори, які відіграють вирішальну роль в розглянутому питанні, відокремити всі другорядні елементи.»

Розуміння задачі - це не просте запам'ятовування всіх її умов. Це з'ясування (з виділенням головного), що невідомо і в чому полягають обмеження; чого не вистачає в даних, в чому вони надлишкові, в чому вони можуть бути невірними або суперечливими.

На відміну від початківця, досвідчений новатор вміє, якщо треба, поводитися з задачею без висунення скоростиглих ідей, не тільки зберігаючи інтерес до задачі, але й розпалювати його в собі. Досягається це вмінням задавати питання.

Сприйняття дійсності, її відображення в мозку людини - процес зовсім не одномоментний. Уявіть дзеркало, яке весь час обертається. Предмет, який воно відбиває, залишається колишнім, але самі відображення весь час змінюються. Людське сприйняття схоже на таке дзеркало. А повертають його - правильно поставлені питання.

Щоб стійко утримувати увагу на завданні, потрібно домогтися того, щоб вона постійно змінювалася перед нами. Треба підігрівати процес розуміння задачі невеликими дозами відчуття успіху. Якщо робота просувається успішно, то у нас є чим займатися - доводиться розглядати нові моменти, наша увага зайнята. А, крім того, чисто психологічно, отримуючи величезний позитивний емоційний заряд, навіть від незначних успіхів, ми просуваємося вперед. І, навпаки, якщо успіху немає, то увага коливається, думки відволікаються, з'являється небезпека зовсім втратити задачі з виду. Щоб цього уникнути, потрібно поставити собі нові питання, пов'язані із задачею.

Продемонструємо ці правила на прикладі наступної задачі. «Запропонувати спосіб компенсації дрейфу кварцових магнітних датчиків варіаційних станцій». Далі, описувалася складна система

обчислень з громіздкими математичними формулами, показувалися труднощі введення поправок в графіки варіацій в умовах роботи віддалених магнітних обсерваторій.

Пізніше, дивлячись на кілька рядків опису знайденого технічного рішення, було важко повірити, що вони відносяться до однієї і тієї ж задачі. Опис задачі неможливо було зрозуміти без університетської освіти з математики. А опис рішення було доступно кожному школяреві.

Головним було правильно зрозуміти, що в задачі сформульовано невірно, *тобто правильно поставити задачу. Це, по суті справи, є, найчастіше, першим і найбільш відповідальним етапом розв'язання задачі.*

Основним елементом описаного в задачі датчика був постійний магніт, підвішений на кварцових нитках і ювелірно збалансований при складанні приладу. Після термічної обробки цей магніт покривають плівкою оксидів. А, в процесі роботи приладу, ця плівка, вбираючи атмосферну вологу, змінювала вагу. Відбувалось розбалансування підвісної системи, яка призводила до дрейфу нуля датчика. В процесі уточнення завдань автор майбутнього рішення просто відкинув всі премудрості обчислення поправок, а звернув увагу на головні фактори - атмосферну вологу і гігроскопічну окисну плівку, які і були по суті винуватцями появи задачі. В результаті з'явилось рішення впливати на виявлену причину, а не на її наслідок. Було запропоновано шліфувати магніт перед його підвішуванням на кварцовій нитці. Зникла плівка, що вбирає вологу, і дрейф нуля зменшився настільки, що необхідність його визначення та внесення поправок відпала.

Тут автор рішення продемонстрував всі три навички, про які йшла мова на початку. Він не злякався «страхітливого» виду задачі, зумів правильно визначити її суть і, нарешті, поставив собі запитання:

- ЩО є причиною розбалансування нуля?
- ЧОМУ відбувається розбалансування магніту?
- ДЕ саме з'являється джерело розбалансування?
- КОЛИ краще боротися з плівкою, що адсорбує вологу?
- ЯК найкраще позбутися плівки?

В результаті було знайдене просте рішення, яке було негайно впроваджене, і, як говориться, результат перевершив всі очікування.

Римський імператор Квінтилліан в I столітті до н.е. визначив такі питання, на які необхідно відповісти, щоб інформація про подію, явище, процес або завдання була повною. Ці питання іноді дуже корисні і при постановці винахідницьких задач:

1. Хто? - Суб'єкт.
2. Що? - Об'єкт.
3. Де? - Місце.
4. Чим? - Засіб.
5. Навіщо? - Мета.
6. Як? - Метод.
7. Коли? - Час.
8. Куди? - Напрямок.
9. Чому? - Пояснення

11.2. Поняття технічної проблеми і задачі. Творчість - це процес людської діяльності, спрямованої на створення якісно нових матеріальних і духовних цінностей. Цей процес характеризується перетворенням отриманих знань, досвіду в нову реальність, яка задовольняє потреби суспільства.

Розрізняють наукову, науково-технічну і технічну творчість.

Технічна творчість пов'язана з пошуком і створенням нових технічних рішень на основі досягнень фундаментальних наук.

Технічна проблема - відображення ситуації, яка створюється в процесі співвідношення між технічною необхідністю і наявними технічними можливостями. Іншими словами, в основі проблеми лежить протиріччя між метою і умовами її досягнення.

Технічна задача - це вираження певної мети, щоб отримати той чи інший ефект від шуканого технічного рішення (подолання протиріччя), яке реалізує ту чи іншу ідею.

Протиріччя, які виникають в процесі вирішення технічних завдань умовно можна розділити на три типи: адміністративні, технічні та фізичні.

Адміністративними називаються протиріччя, які притаманні спочатку в самому факті винахідницької або іншої технічної задачі (необхідно усунути недолік, але як до цього підійти невідомо).

Технічними називаються протиріччя, які виникають між частинами або параметрами технічної системи, що вдосконалюється, при спробі її змінити. Якщо відомими методами поліпшити одну частину системи (параметр), то неприпустимо погіршується інша частина системи (параметр).

Фізичними називаються протиріччя, які виникають при пред'явленні до однієї і тієї ж частини технічної системи взаємно протилежних властивостей (при формулюванні фізичного протиріччя виникає парадокс).

11.3. Про найпростіші правила підходу до вирішення винахідницьких задач (авторська методика)

1. Виділити з купи задач, властивих винахідницькій ситуації, власне, винахідницьку задачу, вирішення якої призведе до усунення конфлікту. При цьому, необхідно використовувати основні поняття теорії розв'язання винахідницьких задач:

2. *Ретельно з'ясувати умови задачі, перевести її на рівень ваших понять і уявлень.*

3. Психологи, які працюють в області технічної творчості вважають, що для уникнення негативного впливу психологічної інерції необхідно сформулювати, поставити задачу бажано без спеціальних технічних термінів, замінивши їх наївними дитячими назвами.

4. Перерахувати основні елементи досліджуваної ТС і їх взаємозв'язок: «ТС складається з: (вказати основні елементи досліджуваної ТС, вказати навколишнє середовище)», відобразити взаємозв'язок елементів ТС.

5. *Зобразити умови задачі у вигляді схеми або рисунка, де повинні бути відображені основні елементи, задіяні в конфлікті, при цьому, завжди необхідно відобразити в схемі навколишнє середовище.*

6. *Усвідомити для себе принцип роботи описаної технічної системи (ТС). З'ясувати, чому виникають шкідливі ефекти і які з них необхідно усунути.*

7. Сформулювати Головну Корисну Функцію ГКФ ТС у вигляді: Сформулювати Головну Корисну Функцію (ГКФ) технічної системи (ТС) у вигляді: «ТС (вказати назву ТС) призначена (вказати для чого)».

При цьому, слід мати на увазі, що *головна корисна функція технічної системи (ГКФ ТС) - це та основна функція ТС, для виконання якої і створювалася ця ТС.*

8. *Вказати основний недолік ТС, шкідливе явище або відсутню якість ТС, що породжує протиріччя (конфлікт). Основний недолік ТС є: (вказати шкідливе явище (властивість) ТС або відсутню якість ТС).*

9. Уточнення задачі: *«Вказати, в якому разі і за яких умов недолік, властивий ТС не буде проявлятися або буде відсутній», або з'явиться нова необхідна якість ТС, що усуває конфлікт, суперечність. Однією з умов постановки задачі є те, що її не слід відразу ж вирішувати. Іншими словами, слід відповідати на запропоноване запитання не турбуючись про те, чи реально на сьогоднішній день вирішити поставлені задачі. Процес постановки задачі і її вирішення необхідно розділити в часі.*

10. Подумки змінити або перетворити вихідну ТС таким чином, щоб властивий ТС недолік зменшився або зник, чи з'явилася або збільшилася відсутня позитивна якість ТС.

11. Вибір міні-задачі на першому етапі розвитку ТС. Поняття міні-задачі. На першому етапі вирішення задачі рекомендується, з багатьох причин, спробувати вирішити задачу в рамках тієї ТС, яка описана в умовах задачі. *Зазвичай, поняття міні-задачі формують таким чином: необхідно зберегти існуючу ТС або навіть її спростити, але при цьому забезпечити усунення недоліків, властивих ТС. Як правило, під цим мають на увазі те, що принцип дії системи не змінюється. Іншими словами, усувати виникле протиріччя необхідно в рамках тієї ТС, яка сформульована в умові і тільки після цього, якщо це необхідно, переходити до рішення по радикальному перетворенню ТС.*

12. При можливості, (якщо вистачить Ваших знань в галузі фізики і математики або хімії) описати основу процесу, що відбувається в вигляді математичного виразу (формули), яке б відображало фізичну сутність процесу. Іншими словами, побудувати фізико-

математичну модель процесу.

13. Пошук рішення поставленої міні - задачі.

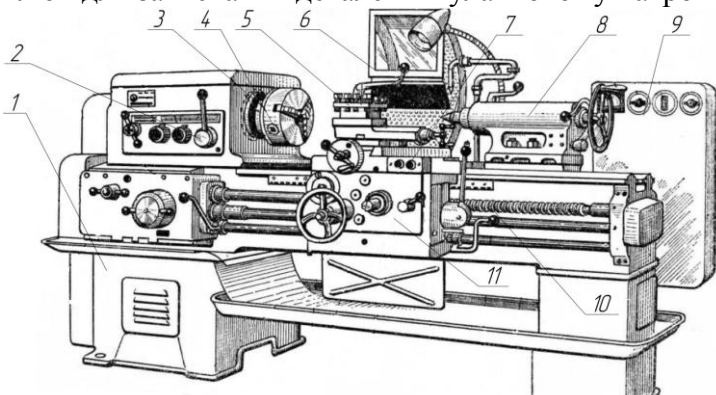
14. При вирішенні задачі використовуємо оператор ІКР, ідеальний кінцевий результат - ІКР: ТС САМА - СОБОЮ майже без витрат при мінімальних змінах ТС усуває властиві їй недоліки або призводить до виникнення недостатньої позитивної якості або функції.

15. При вирішенні задачі активно використовувати навколишнє середовище.

Наведемо приклад використання даної методики.

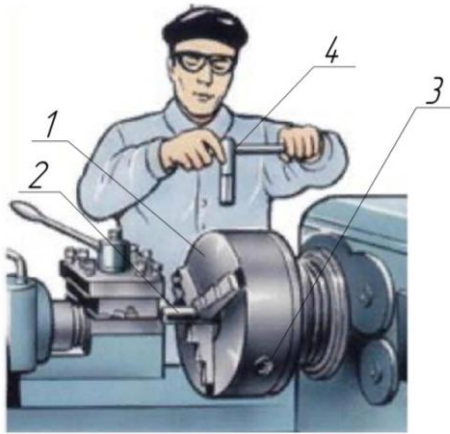
На токарному верстаті деталь фіксується відносно системи станок-приспособлення-інструмент за допомогою кулачкового патрона. Губки патрона приводяться в дію гвинтовим механізмом за допомогою спеціального ключа (рис. 7, рис. 8). Цей ключ (рис. 9) представляє собою вороток з квадратним перетином на кінці.

На рис. 6 представлений токарно-гвинторізний верстат. На рис. 7 показано момент затискання деталі в патроні ключем, а на рис. 8 - нанесення травми ключем необережному робітникові, на рис. 9 - ключ для затискання деталей в кулачковому патроні.



1 – станина, 2 – блок керування частотою обертання шпинделя, 3 – патрон, 4 – отвір для ключа, 5 – різцева головка, 6 – екран, 7 – блок кнопок керування верстатом, 8 - задня бабка, 9 – електричний блок вмикання верстата, 10 – ходовий гвинт, 11 – супорт

Рисунок 6 – Універсальний токарно-гвинторізний верстат



1 – патрон, 2 – деталь, 3 – отвір для ключа, 4 – ключ.

Рисунок 7 – Робітник затискає деталь в патроні токарного верстата



1 – патрон, 2 – людина, що постраждала, 3 – ключ.

Рисунок 8 – Ураження робітника ключем



Рисунок 9 – Ключ для затискання деталей в кулачковому патроні

При затисканні деталі ключ вставляється в квадратний отвір патрона і приводить в дію гвинтовий механізм. Затиснувши деталь, робітник іноді забуває ключ в патроні. При включенні верстата ключ вилітає і може нанести тяжку травму. Як вирішити дану проблему?

Перед нами не задача, а винахідницька ситуація, адміністративне протиріччя. Слід відмітити, що зазначене адміністративне протиріччя досить непогано сформульоване, принаймні, доволі чітко сформульований недолік зазначеної технічної системи, зазвичай буває набагато складніше.

Почнемо з п. 4: верстат, патрон, деталь, ключ, блок кнопок для керуванням верстатом: зазвичай для його включення і виключення. Зв'язок між елементами верстата доволі добре викладений в умові задачі, а також буде про дубльований в наступному пункті.

П.5 На рис. 9 зображено ключ

П. 6. Принцип роботи добре описаний в умові задачі.

Шкідливий ефект виникає через, так званий, людський фактор: забудькуватість, втрату концентрації, можливе відволікання уваги робітника тощо. Але, вдосконалювати людську психіку напевно чи нам під силу, адже вона створювалась не для техносфери. Проблема слід вирішувати технічними засобами.

П. 7. Головна корисна функція технічної системи «пристосування для затискання деталі на токарному верстаті», власне, й призначена для затискання деталі на токарному верстаті.

П. 8. Основний недолік технічної системи «пристосування для затискання деталі на токарному верстаті», - це небезпека отри-

мати травму при вмиканні верстата або ж відсутність безпеки при вмиканні верстата.

П 9. Робітник не отримає травми ушкоджень якщо:

1. Ключ вилітає з патрону верстату, потрапляє але не в робітника

2. Ключ вилітає, долітає але не потрапляє в робітника

3. Ключ вилітає, потрапляє в робітника але не завдає травми:

4. Ключ вилітає але не долітає до робітника:

5. Робітник не опиниться на траєкторії польоту ключа:

6. Ключ не вилітає після включення верстата

7. Ключ після виконання своєї функції зникає.

Звертаємо Вашу увагу на те, що було поставлено і виділено із винахідницької ситуації сім задач. Кожна цих задач має свої розв'язки, і, навіть, не один. Тобто, ще раз підкреслюємо, необхідність постановки задач відокремити в часі і просторі від їх рішення. Тобто, на цьому етапі дослідження безпосередньо була дана відповідь на поставлене запитання: «В якому випадку, за яких умов робітник не отримає травми, ушкоджень ?» безвідносно до того чи реально виконання цієї умови.

На наступному етапі безпосередньо пропонуємо рішення поставлених задач. В результаті були отримані наступні рішення, серед яких окрім реальних, зустрічаються не досить серйозні і, навіть, жартівливі рішення.

1. Ключ вилітає потрапляє, але не в робітника:

- захисний щиток;

- електромагнітна пастка;

- в майстра, але майстер може швидко ухилитися .

2. Ключ вилітає з патрону, долітає, але не потрапляє в робітника:

- брати в робітники працівників з хорошою реакцією.

3. Ключ вилітає і потрапляє в робітника але не завдає травми:

- захисний одяг, щитки, маска;

- товста лобова кістка;

- ключ розчиняється в повітрі;

- легкий ключ;

- м'який, амортизуючий ключ;
- мала швидкість при підльоті до робітника.

4. Ключ вилітає але не долітає до робітника:

- перед пуском верстата робоча зона закривається щитком;
- ключ прив'язується на ланцюг, канат, тощо;
- відбивач дозволяє змінити траєкторію польоту ключа.

5. Робітник опиняється не на траєкторії польоту ключа:

- кнопки включення станка змістити в сторону.

6. Ключ не вилітає після включення верстата:

- розрив електричного кола, поки ключ знаходиться в отворі:

верстат не включається;

- перший оберт патрона виконується з малою швидкістю.

7. Ключ після виконання своєї функції зникає:

- разовий ключ.

П 11. Уважний читач може заперечити, що існують електромагнітні, гідравлічні, відцентрові, самозатискні та інші системи патронів в яких не потрібно використовувати небезпечний ключ. Дійсно, це так. Але, де взяти ці патрони безпосередньо зараз, чи підійдуть вони до існуючої моделі верстата, чи потрібні серйозні переробки верстата, встановлення додаткового обладнання тощо.

Більш того, будь-яке втручання в існуючу технічну систему потребує значних переробок. А тому, на цьому етапі розглядається, так звана, міні-задача: *необхідно зберегти існуючу технічну систему або навіть її спростити, але при цьому забезпечити усунення недоліків, властивих технічній системі. Як правило, під цим мають на увазі те, що принцип дії системи не змінюється. Іншими словами, усувати протиріччя, яке виникло, необхідно в рамках тієї технічної системи, яка сформульована в умові, і тільки після цього, якщо це необхідно, переходити до вирішення шляхом радикального її перетворенню.*

П. 12. Кінетичну енергію ключа, що летить зі швидкістю V , можна знайти за формулою

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

де m - маса ключа.

Уже з цього простого і відомого виразу можемо отримати доволі цінну інформацію:

- енергія ключа, що летить, зменшується пропорційно його масі;

- енергія ключа, що летить, зменшується пропорційно квадрату його швидкості.

З цього можемо робити висновки щодо тих параметрів, які ми повинні змінити, щоб забезпечити максимальну безпеку робітника.

П. 14. Виконання цього пункту, зазвичай, призводить до виявлення найбільш цінних рішень але потребує неабиякого розвитку уяви і фантазії. Для нашого випадку ІКР формулюється доволі просто «Ключ *сам собою* виймається з отвору патрона».

На перший погляд якась нісенітниця, але згодом, коли думки заспокоються отримаємо досить просте і ефективне рішення: висвердлити в торці ключа отвір і вставити туди пружину. Після того, як робітник затиснув деталь, ключ сам вискакує в його руки. На наш погляд це найкраще рішення, оскільки впровадження його можливе при мінімальних витратах і 100% ефективності.

Ще одне рішення з використанням ІКР: «робітник завжди виймає ключ з патрона» - одним з рішень цієї задачі є таке: верстат можна включити тільки за допомогою ключа для затискання деталі.

Додаток А

Коротка біографія Роберто ді Бартіні

Роберт Людовіговіч Бартіні (Roberto Oros di Bartini) народився 14 травня 1897 року в австро-угорському місті Фіуме (нині місто Рієка, Хорватія) [12]. Про життя цього видатного авіаконструктора можна написати великий пригодницький роман. Барон, син міністра закордонних справ Італії Людовіко ді Бартіні, що володіє декількома європейськими мовами, який закінчив Міланський політехнічний інститут і льотну школу в Римі. Роберт під впливом ідей про світову революцію, став комуністом в 1921 році, виконував ризиковані доручення італійської компартії, запобіг знищенню бойовиками Савінкова радянської делегації, яка приїхала на Генуезьку конференцію під керівництвом Чичеріна.



А до цього, він був учасником Першої світової війни, в 1916 році закінчив офіцерську школу. На фронті був узятий в полон козаками генерала А.А. Брусилова. Потрапивши в полон, вивчив російську мову, добре знав російську історію і класичну літературу, історію світової архітектури.

Потім, дивом уникнувши арешту секретної служби Італії, в 1923 році виїхав до Радянського Союзу, де вирішив «покласти всі сили на те, щоб червоні літаки літали швидше чорних». Досвідчений інженер і льотчик, Бартіні почав працювати в авіації, зробив швидку кар'єру в Червоній Армії, отримав звання комбрига і до 1929 року виконував обов'язки головного інженера ВПС ВМФ.

Для ді Бартіні головне - життя духу, життя думки. Він забував пити і їсти, працюючи іноді до повного виснаження. Для вченого слава, гроші, комфорт не мали особливої цінності - він їх просто

ігнорував. Фізик, конструктор, математик, філософ, мислитель, вільно володів усіма європейськими мовами, був прекрасним піаністом, займався живописом.

Значно пізніше, заслуги Р. О. Ді Бартіні були оцінені Радянським урядом і відзначені орденом Леніна, орденом Жовтневої революції, Ленінською премією. Правда, ці нагороди ніколи не афішувалися. Взагалі, його ім'я було відоме тільки у вузькому колі радянських авіаційних фахівців, широка публіка про нього практично нічого не знала.

Загадковий італійський дворянин угорського походження з'явився в Москві в середині 20-х років. Про нього, секретного співробітника радянської розвідки, ходили тоді легенди: його вважали і прототипом Воланда, і людиною, пов'язаною з італійською мафією, яка як раз і дала йому ім'я Роберто Бартіні, і, навіть, інопланетянином.

У тридцять восьмому нащадка італійських аристократів заарештували працівники НКВС, і особливе позасудове засідання відміряло йому «десять років без права листування». Подробиці невідомі, але, швидше за все, в обвинувальному висновку фігурувала горезвісна 58-я стаття. Каральна машина діяла вибірково. Італійський інженер не потрапив до колимських таборів, а виявився в закритій «шарашці», якою керував Андрій Миколайович Туполєв. Десять років до 1947 року Бартіні працював в ув'язненні, спочатку в ЦКБ-29 НКВД, потім в евакуації в Сибіру. Саме в той період Бартіні почав розробку проекту «невидимого» літака - невидимого в усіх відношеннях для людського ока і для всіляких приладів. Свободу італієць в Росії отримав після закінчення терміну і потім працював в «поштових скриньках»

Більшість розробок ді Бартіні значно випереджали свій час. Багато його технологічних та конструкторських ідей в літакобудуванні можуть бути втілені лише зараз, значна частина чекає своєї реалізації в майбутньому (наприклад, літаючий авіаносець, монорельсовий поїзд на магнітній подушці, орбітальний космоплан тощо).

Скажімо так: сьогодні немає фахівців з енциклопедичним рівнем знань і талантом, рівних масштабу ді Бартіні. Праці з філософії і теоретичної фізики, винахідник, конструктор літаків і космічних кораблів, легендарний геній передбачення, висока культура і



чарівність, обдарованість, посланник Бога - Ангел на Землі - все це найважливіші віхи героїчної епохи Роберта Ороса ді Бартіні. Можливо, що до безцінних ідей ді Бартіні проявлять інтерес вчені світового наукового співтовариства найближчим часом, особливо, якщо теорія суперструн не дасть виходу на фізичний, реальний експеримент протягом найближчих 10-15 років.

Загальнотеоретичні погляди вченого, за його оцінками, можуть бути сприйняті і здійснені через 200-300 років. Про це Р.О. ді Бартіні написав у своєму заповіті, пропонуючи законсервувати свій архів і почати працювати з ним після 2197 року. Усвідомлення і засвоєння творчої спадщини ді Бартіні - великого мудреця і вченого-провидця припускають енциклопедичну освіченість дослідника, здатність мислити гранично широкими природно-науковими, філософськими, а іноді і релігійними категоріями.

Вперше у світовій філософії та науці Ді Бартіні приходить до парадоксального, оригінального висновку про існування Миру, Всесвіту в шестивимірному континуумі: число вимірів простору дорівнює 3, число вимірів часу дорівнює 3. Всі фізичні процеси і явища відбуваються в $(3+3)$ - вимірному континуумі. На противагу традиційній моделі з 4 вимірами (три виміри простору і одне часу), Світ ді Бартіні побудований на шести ортогональних осях. «Минуле, сьогодення і майбутнє - одне і те ж, говорив Бартіні. - У цьому сенсі час схожий на дорогу: вона не зникає після того, як ми пройшли по ній і не виникає в цю секунду, відкриваючись за поворотом».

Однак, на «шестиметрії» ді Бартіні не зупинився. Він дотримувався погляду про те, що Світ має незліченну кількість вимірювань; «Шестиметрія» - це лише найближчий до нас стійкий стан. Цю модель він отримав на підставі філософських, фізичних, математичних гіпотез і роздумів. Вчений виклав свої результати в фундаментальних статтях «Деякі співвідношення між фізичними константами» і «Структура простору-часу».

Працюючи з розмірностями фізичних величин, ді Бартіні побудував матрицю всіх фізичних явищ, засновану тільки на двох параметрах: L - простір, і T - час. Це дозволило побачити закони природи як клітини в матриці. Так само як Д.І. Менделєєв відкрив Періодичний закон хімічних елементів - один з основних законів Природи, ді Бартіні відкрив *Періодичну таблицю фізичних законів Природи*. Коли вченому вдалося виявити, що фундаментальні закони збереження розташовуються по діагоналі в цій матриці, він передбачив і потім відкрив новий закон збереження - закон збереження мобільності. Тим самим, доведена евристична функція таблиці (матриці) ді Бартіні. А сам він знаходиться в одному ряду з такими геніями людства як І. Кеплер, І. Ньютон, Р. Майер, Дж. К. Максвелл та інш. Періодичну таблицю фізичних законів природи чекають нові цікаві відкриття.

Рисунок - Таблиця Ді Бартіні.

	L ⁻³	L ⁻²	L ⁻¹	L ⁰	L ¹	L ²	L ³	L ⁴	L ⁵	L ⁶
T ⁻⁶							L ³ T ⁻⁶	L ⁴ T ⁻⁶	Зміна потужності	Швидкість передачі потужності
T ⁻⁵	Головна димензійна послідовність					Зміна тиску	Поверхнева потужність	Швидкість зміни сили	Потужність	Швидкість передачі енергії
T ⁻⁴				Зміна густини струму	Тиск	Кутове прискорення маси	Сила	Момент сили Енергії	Швидкість передачі дій	
T ⁻³			Зміна кутового прискорення	Густина струму	Напруженість електромагнітного поля Гradient	Струм Масова витрата	Швидкість зміщення заряду Імпульс	Момент кількості руху Рух	Момент дії	
T ⁻²		Зміна магнітної густини	Масова густина Кутове прискорення	Прискорення	Різниця потенціалів	Маса Кількість магнетизму Кількість електрики	Магнітний момент	Момент інерції		
T ⁻¹		L ⁻² T ⁻¹	L ⁻¹ T ⁻¹	Частота	Швидкість	Обільність двовимірна	Витрата об'ємна	Швидкість зміщення об'єму	Димензійнальний об'єм	
T ⁰	L ⁻³ T ⁰	L ⁻² T ⁰	Зміна провідності	Безрозмірна константи	Довжина Ємність Самоіндукція	Поверхня	Об'єм просторовий	Dⁿ=L^j T^k xV xL (n=i+k)		
T ¹	L ⁻³ T ¹	Зміна магнітної проникності	Провідність	Період	Тривалість відстані	L ² T ¹				
T ²	L ⁻³ T ²	Магнітна проникність	L ⁻¹ T ²	Поверхня часу	L ¹ T ²					
T ³	L ⁻³ T ³	L ⁻² T ³	L ⁻¹ T ³	Обсяг часу						

Даний висновок має потужний евристичний потенціал. На основі таблиці ді Бартіні можна не тільки давати просторово-тимчасові (геометричні) інтерпретації вже наявним фізичним інваріантам, законам і теоріям, а й знаходити, відкривати нові закони.

Можливо поставити питання про конкуруючі спроможності теорії ді Бартіні і теорії суперструн. У філософських, математичних і фізичних роботах ді Бартіні створює, формує унікальну фундаментальну теорію 6-вимірного квантованого простору-часу - «Мир ді Бартіні» і розробляє метод зведення основних фізичних величин до просторово-тимчасових. Філософські праці вченого спрямовані на обґрунтування його фізичних ідей і концепцій.

Серед радянських авіаконструкторів Роберто Орос ді Бартіні відомий як геніальний розробник. Він придумав і впровадив новий спосіб поєднання парового охолодження і зміни тиску, який використовується сьогодні у всіх сучасних турбінних двигунах літаків і названий «ефектом Бартіні», а також нову модель крила літака, впроваджену пізніше на Ту-144.

Авіаконструктор М.А.Гурьянов: «Бартіні не був авіаконструктором в загальноприйнятому сенсі. Він навіть найпростіший вузол не міг розрахувати. Зате, він був знайомий з неймовірною безліччю речей за межами спеціальності. Його машини розраховували і креслили інші люди. Бартіні бачив. Сяде, очі закриті проходить година, друга ... Потім бере олівець і малює. Малював він чудово!» Полярний льотчик А.Д.Алексеев згадував: «Він був з тих, хто ні на мить не губився в важких обставинах, що несподівано наступили ».

Звичайно, ніхто не в силах повністю проникнути в те, яким чином виникали його задуми по створенню літальних апаратів, яких він сконструював близько 60-ти. Але деякі важливі факти можемо зафіксувати. Ще зі студентських часів Бартіні цікавила проблема гладкості. В результаті був розроблений загальний метод побудови безперервних у вищих похідних аналітичних контурів, що плавно покривають всю поверхню. Така доведеність дослідження до завершеного результату вказує на феноменальне проникнення в секрети взаємодії оточуючого середовища з обтічною поверхнею. Як Тесла працював із струмами високої частоти, так і Бартіні перетворювався у взаємодію цього середовища з конструкцією проекто-

ваного літального апарату. Тільки таким чином можливо пояснити всі його розробки, кожна з яких представляла собою «проривну інновацію» в авіабудуванні.

Але Бартіні прагнув осмислити це перевтілення. Його феноменальне сприйняття працювало і в «бутті» ідей. Він стверджував, що можлива математизація народження ідей. В першу чергу, це стосується його діалектичного методу «I - І», коли в пристрої створюваного виробу поєднувалися, здавалося б, взаємовиключні вимоги. Про можливість цього методу говорять такі загальновизнані зразки, як танк Т-34, штурмовик ИЛ-2. У них чудово втілилися взаємовиключні вимоги. Але, якщо це відверто були знахідки феноменально талановитих конструкторів Кошкіна та Ільюшина, то Бартіні вже йшов по шляху осмислення того, як отримувати такі знахідки.

Ним була розроблена теорія міжконтинентального транспорту, ядром якої була тривимірна прогностична таблиця з оцінкою транспортної продуктивності судів, літаків і вертольотів. Її осі склали три узагальнених показника (в які були зведені всі значущі характеристики транспорту). Це була «перша» таблиця Бартіні. Ця теорія втілилася в досить незвичайну конструкцію.

Цей опис «методичного оснащення» Роберто Бартіні відкриває для нас завісу над таємницею створення його більш відомої таблиці. Тут ми стикаємося з аналогічною методичною ідеєю, яка віддалено нагадує морфологічний аналіз.

Строго засекречений ді Бартіні фігурував в документах під прізвищем Дунаєв. Пошук розгадки таємниці конструктора Дунаєва-Бартіні привів до Таїсії Дмитрієвої, що довгий час була особистим креслярем-конструктором маршала Дмитра Устинова, який багато років займався питаннями оборонної промисловості, а потім став міністром оборони Радянського Союзу. Особовому кресляріві-конструктору, який готував безліч секретних матеріалів для маршала, доводилося спілкуватися практично з усіма провідними конструкторами оборонки країни періоду сорокових - початку сімдесятих років ХХ століття.

- Пам'ятаю його літак, - говорила Дмитрієва. - У ньому були незрозумілі вузли і агрегати, призначення яких не розуміли багато провідних конструкторів, які очолювали прославлені конструктор-

ські бюро (КБ). Для консультацій запрошувалися фізики на рівні академіків. Звичайно, все було строго засекречено.

- А як виглядав літак? Ви його бачили?

- Він був схожий на ялинкову іграшку: весь виблискував і переливався якимись загадковими, немов потойбічними відблисками. Ніби чарівне дзеркало.

За словами співробітниці маршала Устинова, Дунаєв-Бартіні не відрізнявся товариськістю, хоча завжди був гранично коректний і ввічливий. Ніхто не знав, чи є у нього сім'я, улюблена жінка, діти, - засекречений конструктор вважав за краще не поширюватися про особисте життя.

- Часто він ходив в темних окулярах, - згадувала Дмитрієва. - Тоді це було не прийнято, але Дунаєву дозволяли. Говорили, у нього якась рідкісна хвороба очей, пов'язана зі світлобоязню.

За словами Дмитрієвої, дійсно проводились випробування унікального літака, винайденого Дунаєвим-Бартіні, але щось пішло не так, і техніку розібрали, а роботи «заморозили».

- Устинов говорив, що Бартіні був геній, - зітхнула Дмитрієва. - Незрозумілий геній, дуже-дуже дивний.

Знайшовся і старий чекіст Михайло Петрович Брагін, який носив погони полковника і довгі роки пропрацював з маршалом Устиновим.

- Дунаєв-Бартіні? - високий худий старий з сильними лінзами окулярів. - Пам'ятаю. Не наша була людина!

- У нього залишилися сім'я, діти?

- Вам цього не потрібно знати, - відрізав старий чекіст. - Знаєте, Бартіні постійно носив на краватці якусь штуку, на зразок затиску з незрозумілим блискучим камінцем. Хочете вірте, хочете ні, а це був справжнісінький магічний кристал! Одного разу я простягнув до нього руку і не зміг більше зробити жодного руху. А в голові почалося чорт знає що, і я забув, що хотів зробити. Враження таке, ніби ти - радіоприймач і тебе ганяють зі страшною швидкістю з однієї частоти на іншу. А ти нічого не розумієш з переданого станціями, які змушений приймати. А Бартіні розумів!

Полковник за службовим обов'язком цікавився Дунаєвим-Бартіні. Брагіна вражало, що всі стіни свого робочого кабінету Бар-

тін, що практично не знімав темних окулярів, наказав пофарбувати в яскраво-червоний колір! Кажуть, Бартіні прекрасно бачив в повній темряві і ніколи не відчував голоду або спраги!

- По-моєму, він їв просто з ввічливості, - загадково посміхнувся старий оперативник. - Хоча ми з ним кілька разів обідали разом. Я його бачив ще в «шарашці». Сяде і годинами сидить без руху, закривши очі. І не говорить нічого. Немов звідти, - Брагін показав довгим пальцем кудись вгору, - йому щось говорять, а він повинен уважно слухати. А потім р-раз - і готово рішення якої-небудь складної проблеми, над якою билися мало не роками. До речі, свій таємничий камінець він зберіг і за колючим дротом носив його там на шарфику.

- Зараз таких людей називають «контактери».

- Не знаю, - похитав головою старий полковник. - Бартіні міг передбачити хід подій і іноді, немов жартома, видавав нам унікальні прогнози на майбутнє. Не хочу їх переказувати, але всі його пророчтва збулися з дивовижною точністю. Навіть, після його смерті.

За словами старого співробітника держбезпеки, під час випробувань літака дійсно вдалося досягти повного ефекту невидимості. Говорили, що це відбувається за рахунок унікальної дзеркальної поверхні літального апарата. Дмитрієва теж згадувала про незвичайний зовнішній вигляд літака Бартіні. Конструктору вдалося домогтися зміни коефіцієнта заломлення світла, і літак зникав. Але потім поверхню дзеркал, що покривали фюзеляж і крила, потьмяніла, і ефект пропав. Таке офіційне пояснення дала компетентна комісія.

- Брехня! - заявив старий кагебешник. - Ви знаєте про «філадельфійський експеримент»?

У 1943 році, розробляючи способи захисту американського військово-морського флоту, в Філадельфії провели експеримент під керівництвом Альберта Ейнштейна з есмінцем «Елдрідж». Він зник, як і літак Дунаєва-Бартіні, а потім з'явився. Ейнштейн після цього сказав, що не варто спокушати долю і намагатися маніпулювати з простором і часом. Невже і у нас проводилися подібні дослідди?

- Думаю, наш конструктор загнав свій літак в інший вимір, а потім повернув, - знизив голос чекіст. - Бартіні дуже цікавився проблемами багатовимірності і знав про експеримент Ейнштейна не лише з наукової літератури. Здається, вся його «італійська» біографія - суцільна липа!

- Але кому, як не вам, належить знати це точно?

- Експеримент Бартіні пішов, як і у випадку з «Елдріджем». Це сильно налякало керівництво: ніхто не міг передбачити розмірів можливої катастрофи при продовженні дослідів і можливий збій програми, а гарантувати стовідсоткову безпеку може тільки Бог! Фізики забили тривогу і проект негайно прикрили.

- Так ким же був загадковий Бартіні?

- Якщо хочете, вважайте мене божевільним. Але я впевнений: він або людина з іншого виміру, або інопланетянин!

Відповідь переконаного реаліста з держбезпеки ошелешив. Але час невблаганний: учасників тих давніх подій вже не залишилося в живих. Ритися в секретних паперах ніхто не дозволить, можливо, вони чекають своєї години, коли задуми Дунаєва-Бартіні з повною гарантією безпеки зможуть втілити в життя інші експериментатори і конструктори. Таємниця загадкового конструктора і його фантастичного дітища залишається нерозкритою.

Конструктор «червоних літаків» Роберт Бартіні помер стрілкою, як і жив: встав з-за письмового столу, зробив кілька кроків і впав бездиханним. Це сталося 6 грудня 1974 року. Його вважали Леонардо да Вінчі нашого часу.

Література

1. Яковлев Б.А. Интеллектуальная собственность (создание, правовая охрана и использование объектов промышленной собственности). Учебное пособие. — Новосибирск: Новосибирский гуманитарный институт, 1998
2. Буш Г.Я. Методологические основы научного управления изобретательством. - Рига : Лиесма, 1974. - 168 с.
3. Буш Г.Я. Аналогия и техническое творчество. - Рига : Авотс, 1981.- 139 с.
4. Лук А.Н. Психология творчества. - М.: Наука, 1978. 128с.
5. Буш Г.Я. Методологические проблемы технического творчества: Тезисы докладов. - Рига : Латв. РС ВОИР, 1979. - с. 12 - 17.
6. Альтшуллер Г.С., Селюцкий А.Б. Крылья для Икара. - Петрозаводск: Карелия, 1980. - 224 с.
7. Селюцкий А.Б., Слугин Г.И. Вдохновение по заказу. - Петрозаводск: Карелия, 1977 - 190 с.
8. Буш Г.Я. Основы эвристики для изобретателей. Рига: Из-во об-ва «Знание» Латв. ССР, 1977 (ч. 1- 96 с., ч. 2 - 63 с.)
9. Одрин В.М. Картавов С.С. Морфологический анализ систем. - Киев: Наукова думка, 1977. - 148с.
10. Методы поиска новых технических решений / Под ред. А.И. Половинкина. - Йошкар-Ола: Марийск. кн. издательство, 1976. - 192с.
11. Янч Э. Прогнозирование научно - технического прогресса. - М. Прогресс, 1974. - 588с.
12. Кортка біографія Р.Л. Бартіні
<http://tatianaplatonova.ru/bartini>