



**Міністерство освіти і науки України**  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет енергетики, робототехніки**  
**та комп'ютерних технологій**

**Кафедра електропостачання**  
**та**  
**енергетичного менеджменту**

## **ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**дисципліни**

### **ВИРІШЕННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ В** **ЕНЕРГЕТИЦІ**

**для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**денної та заочної форми навчання, спеціальності**  
**141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

**Харків**  
**2024**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
Факультет енергетики, цифрових та комп'ютерних технологій  
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

## **ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**дисципліни**

### **ВИРІШЕННЯ ВІНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форми навчання, спеціальності  
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено рішенням  
Науково-методичної ради  
ФЕЦКТ ДБТІ  
Протокол № 4  
від 29.01.2024 р.

**Харків  
2024**

УДК 621.3: 001.894

Схвалено  
на засіданні кафедри  
електропостачання та енергетичного менеджменту  
Протокол № 7 від 26 січня 2024 р.

Укладач:

**Трунова І. М.** – к. т. н., доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державного біотехнологічного інституту

Рецензенти:

**Н. Г. Косуліна**, д-р техн. наук, проф. Державного біотехнологічного інституту;

**М. Л. Лисиченко**, д-р техн. наук, проф. Державного біотехнологічного інституту

Опорний конспект лекцій дисципліни «Вирішення винахідницьких задач в енергетиці» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочн. форм навч., спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Державн. біотехнолог. ун.-т; упоряд.: І. М. Трунова. – Харків: [б. в.], 2024. – 53 с.

Опорний конспект лекцій дисципліни «Вирішення винахідницьких задач в енергетиці» розроблений для вивчення студентами спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» питань щодо методів винахідницької діяльності, принципів та базових понять класичної теорії вирішення винахідницьких задач, пошуку правильного об'єкту для змін та ключових задач, стандартних рішень винахідницьких задач відповідно до навчальної програми дисципліни «Вирішення винахідницьких задач в енергетиці».

© Трунова І. М. упорядкування, 2024

© Державний біотехнологічний інститут, 2024

## Лекція 1

### Методи винахідницької діяльності

#### ПЛАН

1. Мета курсу.
2. Підходи до пошуку нових технічних рішень.
3. Рівні технічної творчості.
4. Психологічна активізація творчості.
5. Психологічна інерція.
6. Психологічні прийоми активізації творчості.
7. Методи пошуку нових творчих рішень

Слово «інженер» походить від латинського слова «ingenium», що в перекладі означає дотепний винахід. Значить інженер – це людина, здатна винаходити, тобто створювати щось нове, раніше невідоме.

Таким чином, під інженерним проектуванням розуміють розробку принципово нових технічних рішень, що неможливо без творчості.

Творчість – це найвищий рід людської діяльності. Новизна – це те, що відрізняє творчість від ремесла. Творець не може володіти усіма секретами та навиками свого ремесла, а ремісник може і не бути творцем, може весь вік йти протоптаним шляхом.

Розрізняють творчість наукову, науково-технічну та технічну.

Результатом наукової творчості є відкриття, які встановлюють невідомі раніше об'єктивні закономірності, властивості та явища матеріального світу.

Результатом науково-технічної творчості є переважно складні винаходи. Об'єктом винаходу може бути новий пристрій, спосіб, речовина.

Результатом технічної творчості (реалізованої в ході інженерної діяльності) є прості винаходи, раціоналізаторські пропозиції, конструкторські розробки.

Творчий потенціал людини можна значно підвищити за рахунок використання розроблених останнім часом прийомів та методів. Творчі задачі характеризуються невизначеністю поля пошуку та великою вартістю, що робить їх набагато важчими від рутинних. Тому, у 40-х роках ХХ століття почали з'являться методики інтенсифікації творчого процесу.

На сьогодні створено більше 50 таких методик. Наприклад, теорія розв'язання винахідницьких задач (ТРВЗ) - методика творчості в галузі винахідництва розроблена Генріхом Альтшулером, який працював у патентному бюро і там проаналізував 40 тисяч патентів у спробі знайти закономірності в процесі вирішення інженерних завдань та появи нових ідей. Робота над ТРВЗ була розпочата Альтшуллером у 1946 році, перша публікація була випущена ним і Рафаелем Шапіро у 1956 році. У 1990-х роках ТРВЗ почали застосовувати деякі міжнародні компанії, найвідоміший приклад з яких — Samsung. Ця компанія активно використовує його під час створення інновацій. З 2000-х років з'являються наукові статті щодо ТРВЗ. Розвиток цієї теорії продовжується і в наші часи.

Також дуже відомий і застосовуваний функціонально-вартісний аналіз (ФВА) - метод системного дослідження функцій об'єкта з метою пошуку балансу між його собівартістю і корисністю та інші методики.

## **1. Мета курсу**

*Метою курсу* «Вирішення винахідницьких задач в електроенергетиці» є надання студентам знань щодо підходів до самостійного подолання творчих перепон задля стимулювання до інтелектуальної діяльності – активного продуктивного мислення, пошуку та аргументації шляхів власного творчого розв'язання технічних задач, як альтернативи звичному накопиченню знань.

## **2. Підходи до пошуку нових технічних рішень**

Існує два підходи до пошуку нових технічних рішень:

1) винахідницький, метою якого є отримання патентноздатних рішень, що відповідають прогресивним тенденціям розвитку техніки;

2) інженерний, метою якого є розробка технічного проекту для конкретних умов виготовлення та використання.

Більш поширений інженерний підхід, але це привело до того, що рішення високого рівня, що вимагають значних зусиль, залишаються нереалізованими, а звідси і хронічне відставання у створенні нової техніки та технологій.

### **3. Рівні технічної творчості**

Творчі, винахідницькі задачі, за ступенем труднощів умовно розділяють на п'ять рівнів.

**Перший рівень** – незначні удосконалення відомих технічних систем, що лежать в межах однієї професії. Наприклад, колоди, що сплавляють водою, за а.с. № запропоновано з торців покривати пінопластом проти всмоктування води. Таких винаходів налічується біля 32 % патентного фонду.

**Другий рівень** – винаходи, в яких технічна суперечність усувається відомими в даній галузі способами. Наприклад, дно в приймальній камері овочесховища пропонують робити підпружиненим. Картопля при завантаженні камери не падає з великої висоти і не б'ється. Таких винаходів біля 45 %.

**Третій рівень** – суперечність усувається шляхом повної зміни одного з елементів системи способом, відомим в межах однієї науки, хоча і в різних галузях техніки. Типовий винахід третього рівня – заміна кульковими ручками чорнильних. Таких винаходів – біля 19 %.

**Четвертий рівень** – це винаходи, що використовують для рішення нові фізичні ефекти, явища.

Наприклад, використання гідролокатору замість механічного лага при вимірюванні глибин, або застосування гідрорізання матеріалів. Таких винаходів – біля 4 %.

**П'ятий рівень** – винаходи, що пов'язані з відкриттями. Це винаходи ЕОМ, електроіскрової обробки металів та інші. Таких винаходів в історії техніки небагато, не більше 200.

В історії техніки відомі винаходи трудомісткістю 100 тисяч спроб. Так, наприклад, Едісон, що мав великий колектив, провів біля 50 тисяч дослідів, щоб винайти лужний акумулятор.

Звісно, це все проводилося шляхом «спроб і помилок», суть якого полягає в переборі можливих варіантів рішень. Ясно, що такий підхід має ряд недоліків, основні з яких:

- повільне генерування нових ідей;
- відсутність захисту від психологічної інерції.

Це призводить до появи суперечності між організацією такої роботи та сучасними вимогами науково-технічної революції. Усунути цю суперечність можна за допомогою сучасних методик, що озброює винахідника формалізованим підходом, за допомогою якого можна в досить стислі терміни отримати сильне технічне рішення.

#### **4. Психологічна активізація творчості**

Мислення є логічне та інтуїтивне. За сучасними дослідженнями за творчість відповідає права півкуля мозку, яка відає підсвідомістю і орієнтацією в просторі. Ліва півкуля відбирає та оцінює ідеї свідомо.

Мислення – це розмова з самим собою, в ході якої в протиставленні з самим собою народжується істина.

В ряді випадків відповідь на якусь проблему з'являється під час мови, зверненої до співрозмовника.

Психологічними елементами мислення є деякі більш чи менш ясні знаки і образи. Ось чому корисно здійснювану роботу виконувати у вигляді схем та рисунків.

Потрібно розвивати в собі здатність до нового погляду, здатність до згорання інформації, гнучкість мислення, бокове мислення. Потрібно також переборювати внутрішні бар'єри, що заважають творчому процесу – все те, що називають психологічною інерцією.

## 5. Психологічна інерція

Психологічна інерція – найгрізніший ворог творця, бо це схильність до якогось конкретного методу і образу мислення при вирішенні задачі при ігноруванні всіх інших можливостей.

Психологічна інерція – це відсутність гнучкості мислення, перевага сили звички, авторитетів, боязнь критики та інше.

Приклади:

*Задача 1.*

Чому дорівнює один в квадраті? Відповідь: 1

Чому дорівнює два в квадраті? Відповідь: 4

Чому дорівнює три у квадраті? Відповідь: 9

Чому дорівнює кут у квадраті? Відповідь: ??? 90<sup>0</sup>

Це бар'єр звички вираховувати.

*Задача 2.*

Равлик вдень піднімається по 10 метровому стовпу на 5 метрів, а вночі спускається на 4 метри. Питання: на яку добу равлик досягне вершини стовпа.

Відповідь: на шосту (хоча більшість дасть швидку, але невірну, відповідь – на 10).

*Задача 3.*

З пункту А до пункту Б виїхали два потяги. Потяг з пункту А має швидкість у 2 рази більшу, ніж потяг з пункту Б. Питання: який потяг ближче до пункту Б при їх зустрічі.

Відповідь: обидва на однаковій відстані (психологічна інерція збиває на невірну відповідь – потяг з п. А).

Види і форми психологічної інерції:

- повне неприйняття нової ідеї;
- прийняття на віру положень, запропонованих авторитетними людьми;
- уперте відстоювання загальноприйнятої хоча і невірної точки зору;
- невміння побачити можливість використання рішень, знайдених у суміжних областях тощо.

Психологічну інерцію посилюють обставина (напруга, хвилювання). При роботі про неї треба пам'ятати з метою її переборювання.



## 6. Психологічні прийоми активізації творчості

До них відносяться інверсія (погляд на речі під іншим кутом зору), аналогія, емпатія (постановка себе на місце іншої людини, а також об'єкту, «входження в образ»).

В ТРВЗ на стадії уточнення задачі використовується оператор РЧВ (розміри, час, вартість) або, як ще його називають, «оператор числової осі».

Його мета – збити психологічну інформацію.

Порядок застосування:

1. Уявно зменшуємо розміри об'єкта до 0 ( $P \rightarrow 0$ ). Як тепер розв'язується задача?

2. Уявно збільшуємо розміри до  $\infty$  ( $P \rightarrow \infty$ ). Як тепер розв'язується задача?

3. Уявно змінюємо час протікання до 0 ( $C \rightarrow 0$ ). Як тепер?

4. Уявно змінюємо вартість до 0 ( $B \rightarrow 0$ ). Як тепер?

5. Уявно змінюємо вартість до  $\infty$  ( $B \rightarrow \infty$ ). Як тепер?

## 7. Методи пошуку нових творчих рішень

*Евристика та її сутність.*

Засновники евристики – науки про методи творчості є Архімед Сіракузький, Геракліт, Сократ та інші грецькі філософи.

Слово «евристика» означає: «наука про те, як робити винаходи» (400-ті роки до н.е.).

Спроби розробити універсальний метод пізнання і творчості робили Роджер Бекон, Рене Декарт («думаю, отже існую»), Готфрід Лейбніц. В Росії Петро Енгельмейер – інженер, в радянські часи професор МВТУ Баумена. Він був твердо переконаний у необхідності створення універсальної науки про творчість, яку він назвав еврологією. Він писав «виявляється, що геніальність не такий вже божественно рідкісний дар, вона складає долю кожного, хто не народився зовсім ідіотом». Через півстоліття цю думку підтвердив Ф. Цвіккі – автор морфологічного аналізу.

Однак ці роботи мали, в основному, теоретичне значення, тільки задовольнити потребу в нових розробках можна було і шляхом «спроб та помилок».

З 20-х років почали з'являтися нові методи активізації творчості. Ця робота продовжується і сьогодні на базі використання ЕОМ. Методи можна розділити на: раціональні і ірраціональні.

Раціональні використовують логіку аналізу технічних систем (морфологічний аналіз, АРВЗ, ФВА).

Ірраціональні спираються на інтуїцію, фантазію, здатність до аналогій (метод контрольних запитань, мозковий штурм, синектика, асоціативні методи).

Існують інші класифікації методів творчості, зокрема у Половінкіна:

- методи евристичні;
- методи комп'ютерні.

*Метод контрольних запитань.*

Сократ вважав, що єдине, що він вміє добре робити – ставити запитання. За їхньою допомогою співрозмовники самі знаходили відповіді. На цій основі побудований МКЗ. Метод може застосовуватись у вигляді монологу винахідника, у вигляді діалогу, наприклад, в серії запитань, що задаються керівником мозкового штурму членам групи «генератори ідей».

Широко відомі списки контрольних запитань, які запропонували А. Осборн, Д. Пірсон, Т. Буш. Наприклад:

- Що можна змінити в технічному об'єкті?
- Чи можна щось ущільнити, стиснути, звузити, прискорити?

В сучасних умовах МКЗ може бути використаний на початкових стадіях постановки або розв'язування технічно нескладних задач.

### *Мозковий штурм.*

Мозковий штурм запропонований А. Осборном у 1951 році.

В основі лежить припущення, що розв'язок можна отримати, даючи вихід з підсвідомості направленого потоку ідей.

Правила МШ:

1. Ніяка критика винесених ідей не допускається.
2. При МШ потрібно якомога більше ідей, які потрібно видавати вільно, не задумуючись.
3. Члени групи не повинні бути глибоко пов'язанні один з одним і з завданням, що розглядається. Вони не зобов'язанні бути фахівцями в питанні, що розглядається.

Завдання послідовно розв'язують дві групи людей по 4...15 чоловік.

Перша група – генератори ідей.

Друга група – експерти.

Перша група, в складі якої може бути і 2...3 чоловіки «зі сторони» на протязі 20...50 хв з регламентом 2 хв на ідею «штурмує» завдання. Робота протоколюється або записується на магнітофон.

Друга група оцінює ідеї, аналізує їх. Це люди з аналітичним, критичним складом розуму. Вони вишукують раціональні зерна в усіх ідеях.

Процесом управляє керівник, що ставить запитання, підказує, направляє дискусію в потрібному напрямку.

Для активізації роботи бажано використовувати прийоми інверсії, аналогії, емпатії.

Нині вважається, що МШ – легкий та надзвичайно ефективний спосіб вирішення нескладних технічних завдань.

### *Синектика.*

Синектика створена в 52–59 рр. американським винахідником і дослідником Дж. Гордоном.

Синектика з грецького – сполучення різнорідних елементів. В основу покладено МШ, але цей штурм веде професійна команда. Тут допускаються елементи критики і відбору ідей.

Синектори навчаються застосуванню чотирьох видів аналогій при пошуку нових ідей.

Перший вид – пряма аналогія (порівняння об'єкту, що розглядається з аналогічним в сусідній галузі або в природі).

Другий вид – особиста аналогія або емпатія, коли синектор порівнює себе з технічним об'єктом.

Третій вид – фантастична аналогія (синектори звертаються по допомогу до «золотої рибки», «чарівної палички» тощо).

Четвертий вид – символічна, при якому синектори намагаються в двох словах якомога точніше визначити очікувану функцію об'єкту.

Наприклад, при вирішенні задачі створення надійної в розумінні зношення заслонки в трубопроводі, що подає пульпу з частинками руди, при використанні прямої аналогії звертаються до використання природного захисту стравоходу у тварин, що поїдають колючу траву, при використанні другої, особистої аналогії представляють себе під дією предметів, що летять на тебе, при фантастичній аналогії роблять спробу уявити стан речей при фантастичних умовах, при четвертій – шукають об'єкту назву (символічну), наприклад, «жива броня», «відростаючий панцир».

Остання аналогія підказала рішення зробити заслонку охолоджуваною, тоді вона буде покриватися льодом, який оберігає її від стирання.

Про практичну цінність методу говорить те, що послугами «Синектик інкорпорейтед» постійно користуються багато американських фірм («Дженерал електрик», ІВМ).

Принциповий недолік розглянутих методів – це непридатність при розв'язанні складних технічних проблем. Крім того, ці методи не дають об'єктивної оцінки нових технічних ідей. Вони в дещо поліпшеному вигляді зберігають стару тактику перебору варіантів.

### *Морфологічний аналіз.*

Одним із важливих елементів творчої діяльності є класифікування. Воно дає можливість швидше і точніше орієнтуватись у великій різноманітності понять і фактів. Приклад корисності класифікування – таблиця Менделєєва.

На класифікації базується і один із найпоширеніших методів технічного пошуку – морфологічний аналіз (МА).

Морфологія – вчення про форму (грец.).

Вперше МА був використаний в 1942 році Фріцом Цвіккі при розробці ракетного двигуна в США.

Суть МА полягає у тому, що в об'єкті виділяють декілька характерних ознак. По кожній морфологічній ознаці складають список варіантів технічних рішень. Варіанти представляють у вигляді таблиці (див.табл.1). Загальна кількість варіантів у нашому випадку  $8 \times 7 \times 3 \times 2 = 336$ .

Варіанти:

A1 - B7 - B1 - G2 – машина для розкрою з прямим ножом з електромагнітним приводом з ручним керуванням для розкрою настилів.

Метод МА дає можливість розглянути варіанти, які без МА можуть бути не враховані, але в деяких випадках задача має занадто багато варіантів, перебрати які практично неможливо. Тому МА частіше використовують для пошуку компоувальних або схемних рішень, для дослідження галузі можливого використання технічних систем, для прогнозування розвитку технічних систем і т.д.

Розглянуті методи, як правило, лише збільшують кількість ідей, але не підвищують їх якості. Це говорить про необхідність наполегливого розвитку методології творчості. В основі сучасних методик лежать закони розвитку технічних систем, у відповідності з якими створювана техніка буде найбільш ефективною як з точки зору розробки, так і експлуатації.

Таблиця 1 – Морфологічна таблиця (ящик) пристроїв для розробок

Індекс ознаки	Морфол. ознака	Варіанти							
		1	2	3	4	5	6	7	8
А	Різальний інструмент	прямий ніж	стрічк. ніж	диск. ніж	вирубн. ніж	ножиці	лазер. промінь	струмінь	мікроплазма
Б	Привід різального інструменту	ручний	електр.	гідр.	механ.	пневм.	прес вирубн.	електром агніт	
В	Керування розкром	ручне	автом. по жорстк. прогр.	за допом. ЕОМ					
Г	Кількість розкромів	один	декілька						

### Питання для самоконтролю

1. Яка мета курсу «Вирішення винахідницьких задач в енергетиці»?
2. Які існують два підходи до пошуку нових технічних рішень?
3. На скільки рівнів за ступенем труднощів умовно розділяють творчі, винахідницькі задачі?

## Лекція 2

# ПРИНЦИПИ ТА БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ

### ПЛАН

1. Технічні системи і системний підхід при дослідженні та проектуванні
2. Закони розвитку ТС

#### **1. Технічні системи і системний підхід при дослідженні та проектуванні**

Сучасні інженерні задачі включають, крім технічних проблем, економічні, соціальні, що вимагає застосування методів, які ґрунтуються не на інтуїції, а на суворому врахуванні закономірностей технічних систем.

При створенні складних технічних систем все ширше застосовується системний підхід.

Суть цього підходу полягає у тому, що об'єкт розглядається як сукупність елементів, що взаємопов'язанні між собою і системою.

В системному підході використовують багатоекранну систему мислення, за допомогою якої об'єкт розглядається як складова надсистеми та складається з підсистем, причому бажано це розглядати в минулому, теперішньому та майбутньому часі.

*Характеристика, склад та ознаки технічних систем.*

Технічна система (ТС) – це сукупність упорядковано діючих елементів з властивостями, що не зводяться до властивостей окремих елементів, і призначена для виконання конкретних функцій.

Фундаментальні ознаки ТС:

1. Функціональність.

2. Цілісність.
3. Організація.
4. Системна якість.

Відсутність хоча б однієї ознаки не дозволяє вважати об'єкт ТС.

ТС повна, коли вона виконує свої функції без участі людини. Переважна більшість ТС – неповна і належать до тих, що розвиваються.

### *Функції та їх ієрархії.*

Функція – це здатність ТС виявляти свою властивість (якість, користь) для задоволення потреби і цілеспрямованості, при відповідних умовах, перетворювати предмет праці (виріб) у потрібну форму або величину.

Для визначення функції слід відповісти на запитання: «Що робить дана ТС?» або «Що має робити створена ТС?»

ТС може виконувати декілька функцій, з яких одна головна, інші допоміжні. Визначення головної корисної функції (ГКФ) інколи викликає труднощі. Для розв'язання задачі об'єкт треба розглядати як складову надсистеми та сукупність підсистеми.

ГКФ даної системи визначається вимогами надсистеми, а ГКФ елемента – вимогами системи.

З таких позицій ГКФ калорифера – створювати тепло для виконання «вимог» надсистеми для калорифера – нагрівати повітря.

### *Структура ТС та принципи її побудови.*

Структура (цілісність) – це сукупність елементів та зв'язків між ними, які визначаються фізичним принципом корисної дії:

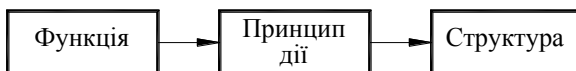


Рисунок 1



Головна вимога до структури – це мінімальні втрати енергії і однозначність дії.

При першій побудові функціональної схеми доцільна така послідовність:

- 1 – формулювання ГКФ;
- 2 – визначення фізичного принципу дії на виріб;
- 3 – вибір або синтез робочого органу керування;
- 4 – вибір приводу та органу керування;
- 5 – побудова в першому наближенні функціональної схеми;
- 6 – критичне осмислення схеми з необхідними переробками та доробками.

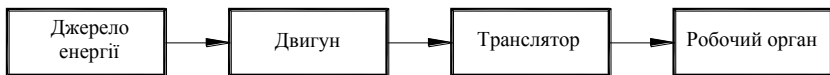


Рисунок 2 – Функціональна схема

Елементи ТС повинні бути узгоджені за формою, властивостями, доповнювати один одного, взаємно посилюватися, створювати корисні властивості та взаємно нейтралізувати шкідливі.

Форма є зовнішнім проявом ТС, а структура є внутрішнім змістом форми.

Вимоги до форми диктується надсистемою.

Основні вимоги до форми:

1. функціональні;
2. ергономічні;
3. технологічні;
4. експлуатаційні;
5. естетичні (дизайн, краса, приємність тощо).

ТС – багаторівнева система, де вищий керівний стосовно нижчих і спеціалізується на виконанні певної функції (ГКФ рівня).

Таким чином, ТС має кілька ієрархічних рівнів, назви яких наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Ієрархічні рівні у техніці

Рівні ТС	Назва системи	Приклад	Аналог у природі
1.	Техносфера	Техніка люди ресурси	Біосфера
2.	Техніка	Вся техніка	Фауна
3.	Галузь техніки	Транспорт	Тип
4.	Об'єднання	Повітряний транспорт, автотранспорт, залізн. транспорт	Клас
5.	Підприємство	Завод, метро	Організм
6.	Агрегат	Локомотив, вагони, рейковий шлях	Органи тіла (серце, печінка тощо)
7.	Машина	Трактор	Клітина
8.	Неоднорідний механізм (сукупність вузлів, що дозволяє зміну енергії)	Двигун внутрішнього згорання	Молекула ДНК
9.	Однорідний механізм (без зміни енергії) (без виду)	Гвинт. домкрат	Молекула гемоглобіну, що транспортує кисень
10.	Вузол	Вісь та два колеса	Молекула полімеру
11.	Пара деталей	Гвинт-гайка	
12.	Неоднорідна деталь	Гвинт	
13.	Однорідна деталь	Дріт	
14.	Неоднорідна речовина	Сталь	
15.	Однорідна речовина	Чисте залізо	

Властивості ієрархічних систем:

1. подвійна якість елементів (індивідуальні та системні);
2. диктат верхніх рівнів над нижчими;
3. нечутливість верхніх рівнів до змін на нижніх рівнях;
4. основні внески у ГКФ відбуваються на нижчих рівнях.

### *Організація.*

Організація виникає одночасно із структурою і відображає зв'язки між елементами системи. Ступінь організації тим вищий, чим менша ентропія системи (саморуйнування). Організація утворюється для можливості керування станом елементів у процесі функціонування системи.

Фактори, що руйнують організацію:

1. зовнішні (надсистема, природа, людина);
2. внутрішні (взаємопосилення шкідливих властивостей), які є в системі з самого початку, але їх дія посилюється з часом через порушення в структурі;
3. ентропійні (саморуйнування елементів через кінцевість строку життя), які виникають у результаті зносу, через втому окремих деталей тощо;

### *Системні властивості ТС*

«Формула» системи, що відображає процес синтезу системи:

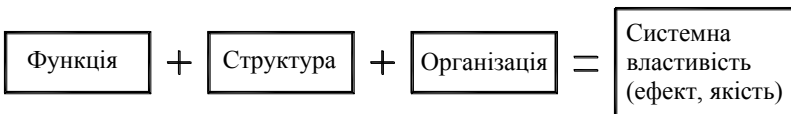


Рисунок 3

Типи системних властивостей:

1. системний ефект – підсилення властивостей, що є у елементів (прання можливе і в нерухомому барабані);
2. системна якість – поява нової властивості, якої не було в жодного елемента до включення їх в систему.

При створенні систем (формуванні зв'язків елементів) мають місце випадки:

– позитивні властивості посилюються, а негативні залишаються незмінними;

– позитивні властивості складаються, а негативні взаємно знищуються;

– сума властивостей спричиняє появу нових, непропорційних вихідним (наприклад, швидкість звуку у воді 1500 м/с, у повітрі – 340 м/с, а у газо-водяній суміші – лише 30...100 м/с). Це говорить про те, що інколи можна отримати непропорційно вагомий ефект від застосування комплексу способів.

Існують закони розвитку технічних систем, які необхідно знати при синтезі ТС.

## **2. Закони розвитку ТС**

*Закони, як основа теорії розвитку ТС.*

Розвиток систем описується трьома групами законів:

1. загальними;
2. законами розвитку ТС;
3. окремими, характерними для окремих видів систем.

Закони розвитку ТС вперше сформульовані Г.С. Альтшуллером. Дотепер сформульовано 11 законів розвитку ТС:

– Закони принципової життєздатності ТС

- 1) Повноти частин системи.
- 2) Енергетичної провідності системи.
- 3) Узгодження ритміки системи.

– Закони періоду розвитку ТС

- 4) Етапність розвитку ТС і перехід в надсистему.
- 5) Витискання людини із ТС.
6. Нерівномірності розвитку частин системи.
- 7) Збільшення ступеня ідеальності системи.
- 8) Розгортання-згортання ТС.

– Закони завершального етапу розвитку та переходу до нової ТС

9) Збільшення ступеня динамічності та керованості системи.

10. Переходу з макрорівня на мікрорівень.

11. Узгодження-розузгодження ТС.

Не можна забувати про фактор випадковості подій.

Знання та використання законів допомагає спеціалістам у більш короткий термін розв'язувати виробничі задачі.

*Закони принципової працездатності системи*

1) Закон повноти частин системи.

ТС повинна бути функціонально повною.

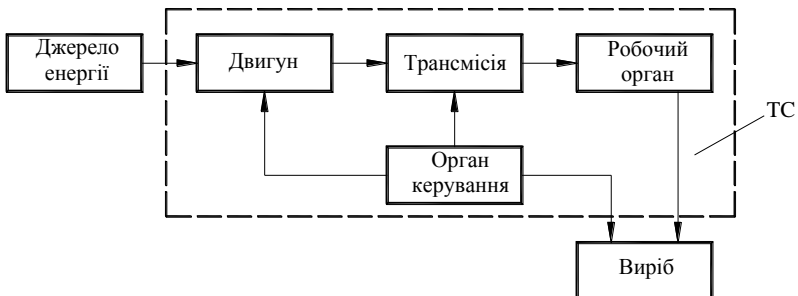


Рисунок 4

Наслідок із закону: щоб технічна система була керованою, необхідно, щоб була керованою хоча б одна із її частин.

2) Закон енергетичної провідності системи.

Необхідною умовою життєздатності системи є прохід енергії через всі частини системи.

Наслідок закону: щоб частина ТС була керованою, необхідно забезпечити енергетичну провідність між цією частиною і органами керування.

### 3) Закон узгодження ритміки частин ТС.

Необхідною умовою практичної життєздатності технічної системи є узгодження або свідоме розлагодження ритміки (частоти коливань, періодичності і т.д.) всіх частин системи.

Приклад 1. В авторському свідоцтві «Спосіб розрізування скла шляхом надрізу на його поверхні і надання склу акустичних коливань з частотою власних коливань».

Приклад 2. В Англії виготовлено безшумний вентилятор з вмонтованим гучномовцем та мікрофоном. Шум вентилятора уловлюється мікрофоном і електронним блоком перетворюється в звук з протилежною фазою, що відтворюється гучномовцем та нейтралізує робочий шум.

Приклад 3. Авіаконструктор Фоккер у 1925 році сконструював кулемет, що стріляв через проміжки між лопатями гвинта літака.

### *Закони періоду росту і розвитку ТС*

1) Етапність розвитку ТС і перехід в надсистему.

Відповідно до кривої розвитку ТС (рисунок 5) характерними є показники винаходів.

Інженеру треба знати особливості життєвих кривих, що досить важливе для винахідницької практики. Зібравши відомості, можна побудувати графік технічної зрілості для конкретної ТС. Наприклад, на рисунку 6 наведено життєвий цикл побутових електротovarів на 1988 р.

В розвитку ТС можливі три випадки:

1. ТС ще не дійшла т.  $\alpha$  і її треба знайти. Типова помилка, що прогнозування положення т.  $\alpha$  відбувається з позицій можливостей розвитку ТС. Але існує «конкурент» і нова ТС почне розвиватись лише тоді, коли попередня ТС почне «вмирати». Наприклад, стримання розвитку електромобіля в час повновладного правління двигунів внутрішнього згорання.

2. ТС знаходиться між  $\alpha$  і  $\beta$ . В цьому випадку досить визначити III рівень, тобто межу розвитку системи, що визначається факторами міцності матеріалів, бар'єрів – звукового, теплового та інших.

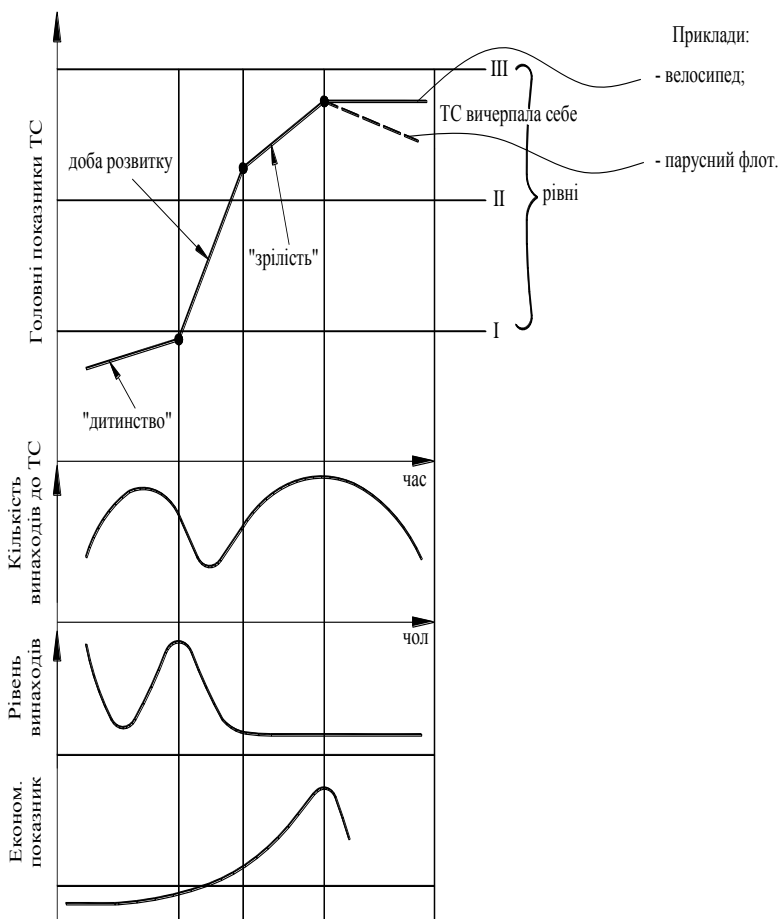


Рисунок 5 - Крива розвитку ТС.

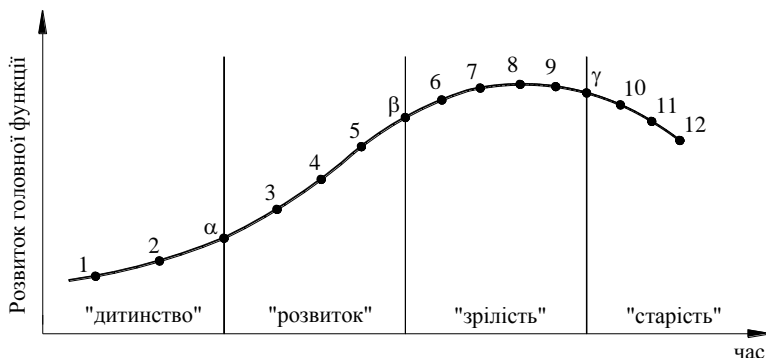


Рисунок 6 - Життєвий цикл побутових електротоварів:

1 – відеодиски; 2 – сушарки для одягу; 3 – електронні лінзи; 4 – відеоманітофони; 5 – кімнатні кондиціонери; 6 – аудіосистеми високої якості звуку;

7 – пилосос; 8 – кольорові телевізори; 9 – холодильники; 10 – пральні машини;

11 – вентилятори; 12 – жаровні

3. ТС пройшла т.  $\beta$  (або  $\gamma$ ). В цьому випадку прогноз зводиться до знаходження нової системи – наслідувача.

Розвиток системи, що досягла своєї межі, може бути продовжений на рівні надсистеми: колективна антена замість десятків індивідуальних.

В цьому випадку ТС стає частиною надсистеми, властивості якої ТС підсилює своїми. Наприклад, кіно  $\rightarrow$  телебачення. Закон: «ТС піднімається на якісно новий рівень, стаючи підсистемою більш загальної системи» є дуже важливим для розуміння механіки розвитку систем.

При прогнозуванні розвитку ТС розробнику потрібно на підставі аналізу відповідної патентної і науково-технічної літератури визначити зміну ГКФ від часу і побудувати криву її розвитку. Потім за кривою розвитку ТС визначити, на якому етапі знаходиться система. Це дає можливість визначити, або потрібно вдосконалювати ТС, або створити принципово нову.



## 2) Закон витискання людини із ТС

Переважає більшість ТС неповні і їх відсутня частина замінюється людиною. В розвитку ТС поступово бере на себе функції людини, наближаючись до повних систем (рисунок 7).

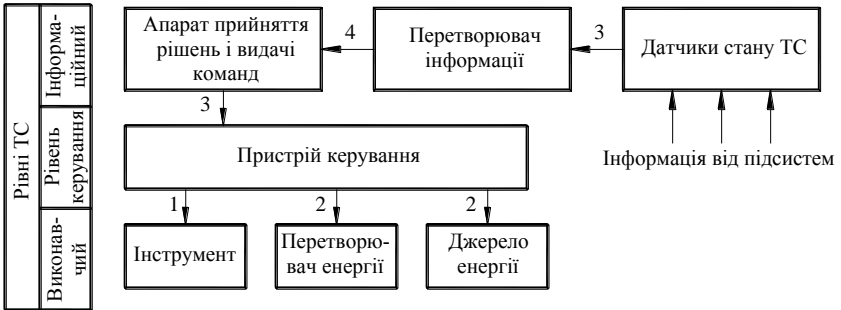


Рисунок 7 - Структурна схема розвитку ТС

Цифри на рисунку 7 вказують на черговість витискання людини з ТС.

## 3) Закон нерівномірності розвитку частин ТС.

Чим складніша система, тим нерівномірніший розвиток її частин. Ця нерівномірність є причиною виникнення протиріч. Наприклад, подальша мініатюризація розмірів електронних пристроїв стримується, головним чином, розмірами елементів живлення. В результаті необхідно усунути суперечність, що і веде до подальшого розвитку ТС.

## 4) Закон збільшення ступеню ідеальності ТС.

Це головний закон розвитку техніки.

Ідеальна ТС – це система, маса та габарити якої прагнуть до нуля при незмінних можливостях. Ступінь ідеальності визначається так:

$$I = \frac{\Phi_{\kappa}}{\Phi_{\epsilon}}, \quad (1)$$

де  $\Phi_{\kappa}$  – сума корисних функцій;  $\Phi_{\epsilon}$  – сума факторів витрат.

В ідеалі системи не повинно бути, а фактори її повинні виконуватись. Збільшення ступеню ідеальності направлене на отримання ідеального кінцевого результату (ІКР). Реально досягнути ІКР неможливо – це маяк.

Приклад. Як витягнути кубик льоду з металевої форми промислового холодильника?

Лід замерзає і сам витискає себе з форми (рисунок 8).

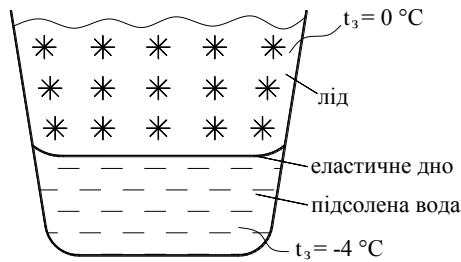


Рисунок 8 - Схема металевої форми промислового холодильника.

### 5) Закон розгортання-згортання ТС

Розгортання – це збільшення ступені ідеальності шляхом ускладнення системи; згортання – це подальше збільшення ідеальності шляхом зниження складності системи. Це справедливо для всіх ієрархічних рівнів: НС, ТС, ПС, речовина.

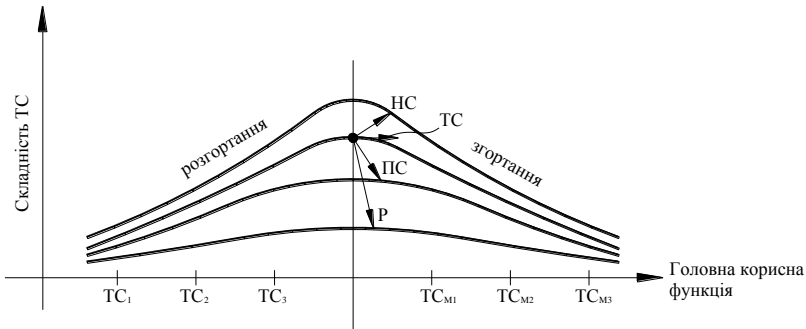


Рисунок 8 - Графік розгортання-згортання ТС

Приклад. У 1803 р. продавець масла Мур з Вашингтона винайшов перший холодильник, в якому лід набивався між стінками великого ящика. У 1868 р. винайдено холодильний компресор для виготовлення штучного льоду. У 1911 р. «Дженерал електрик» почала випуск компресійних холодильників сучасного типу. Суттєві недоліки перших компресійних холодильників – значний шум та неприємний запах холодоагенту. У 1926 р. датський інженер Стіндруп сховав компресор під герметичний ковпак з ізоляцією. У 1935 р. в Швеції Платен та Леунтерс винайшли абсорбційний холодильник. У 1951 р. в СРСР був виготовлений перший у світі термоелектричний холодильник.

ТС, яка досягла максимального розгортання, далі вступає в період згортання і тут можливі варіанти:

- збільшення ГКФ шляхом передачі частини функцій у надсистему (НС). Наприклад, розвиток телефонної мережі, як ТС, шляхом передачі (згортання) деяких функцій у НС;

- збільшення ГКФ за рахунок розвитку ПС. Наприклад, згортання пральної машини, як ТС, що полягає в поєднанні в одному барабані прання та віджиму, а далі і сушки, тобто за рахунок розвитку ПС;

- згортання ТС в одну із підсистем (ПС). Наприклад, токарний верстат з електронним блоком регулювання швидкості. Шпиндель напряму з'єднаний з валом двигуна (без коробки швидкості);

– згортання ПС-ТС в ідеальну речовину (ІР). Наприклад, в колишньому СРСР була розроблена конструкція побутової електроплити без нагрівальних конфорок. Їх роль виконували днища спеціальної металевої посуду, що відігравали роль вторинних обмоток високочастотного трансформатора. К.к.д. становить 80%.

Як видно, згортання ТС починається з поєднання функцій ПС.

*Закони завершального етапу розвитку ТС та переходу до нової системи*

### 1) Закон підвищення динамічності та керованості.

Підвищення динамічності надає системі можливість зберегти високу ідеальність при значних змінах зовнішніх умов, тобто можливість пристосуватись до зовнішніх умов, зберігаючи при цьому працездатність. Наприклад, верстати з варіаторами дозволяють змінювати швидкість на ходу, гідро- та пневмопривод дозволяє підвищити керованість систем.

Закон динамізації можна розглянути на прикладі велосипеда. Наприклад, можна розробити раму на багато невеликих елементів, а з'єднувати їх натягуванням внутрішньої струни.

Динамізація може йти по шляху динамізації речовини (один шарнір – багато шарнірів – гнучка речовина, рідина, газ) або поля (постійне поле – імпульсне – змінне поле – нелінійне поле).

### 2) Закон переходу з макрорівня на мікрорівень.

У більшості сучасних ТС робочими органами є «залізячки». Ці «залізячки» постійно вдосконалюються, тобто розвиваються у межах макрорівня. Але неминуче приходить час, коли подальший розвиток на цьому рівні неможливий. Система, зберігаючи свою функцію, принципово перебудовується: її робочий орган починає діяти на мікрорівні. Замість «залізячок»

робота здійснюється молекулами, атомами, іонами, електронами тощо.

Приклад. Для свердління надтвердих матеріалів використовують промінь лазера.

Можливі три варіанти переходу з макrorівня на мікрорівень:

1. Збільшення ступеню дроблення та об'єднання подрібнених частин у нову систему. Наприклад, розвиток конструкції опор шпинделя верстата (безпосередній контакт опори та вала → введення рідкого мастила → гідростатична опора → газостатична опора).

2. Збільшення ступеню дроблення «суміші» речовини з пористістю, тобто перехід до капілярно-пористих матеріалів (КПМ). Наприклад, розвиток способу підйому суден, що затонули: суцільні тіла → понтони (великі порожнини) → безліч малих порожнин (пінополіуретан) → дроблена піна (гранули пінополіуретану) → зародки пінопластових гранул, які в подальшому нагріваються водяною парою, збільшуючись в об'ємі.

3. Заміна речовинної частини системи на польову. Використання глибинних рівнів будови матерії та різних полів (внутрішніх або зовнішніх) дає можливість при удосконаленні ТС відмовитись від механічної енергії. Наприклад, в динамомашині, що встановлюється на велосипеді, можна відмовитись від механічного контакту, якщо встановити на ободі постійні магніти, а на вилку – катушку.

### *3 Закон узгодження-розузгодження ТС*

В своєму розвитку ТС обов'язково проходить етапи: вивчення складу системи (шляхом узгодження складових); взаємозв'язку елементів (шляхом узгодження та розузгодження параметрів ТС); цілеспрямованих змін окремих параметрів (шляхом узгодження) і динамізації системи (узгодження-розузгодження, яке проходить керовано або навіть самокеровано з ціллю отримання оптимальних результатів).

Приклад. Етапи розвитку авіації.

Перший етап – узгодження та підбір складових ТС (вибрана формула літального апарату: нерухомі крила та двигун внутрішнього згорання).

Другий етап – узгодження та розузгодження параметрів – пошук оптимальної конструкції (кількість крил, їх розміщення, розміщення двигуна).

Третій етап – цілеспрямоване розузгодження схеми (шасі, що ховається, змінне крило з передкрилками і закрилками тощо).

Четвертий етап – динамічна розузгодженість (відкидання ступенів при зльоті ракет, розгортання системи на орбіті тощо).

ТС у своєму розвитку повинна обов'язково послідовно проходити перелічені етапи, інакше невдача неминуча.

### *Сумісна дія законів розвитку ТС*

Закони розвитку ТС виявленні на основі аналізу вже існуючих систем. Проте вони мають прогностичну силу, що дозволяє на їх основі створювати техніку майбутнього.

Слід пам'ятати, що виділення окремих вищезрозглянутих законів є грубою помилкою. Закони діють у сукупності, наслідок одного закону нерідко тісно переплітається з наслідком іншого, тобто мова йде про одну й ту ж закономірність, що розглядається з різних боків. Наприклад, закон узгодження-розузгодження ТС (в еволюції техніки повітроплавання) стосується також питань, що можуть розглядатися в законі підвищення динамічності і керованості ТС.

Порушення у розвитку окремих систем, що являють собою передчасні зміни в конструкції, можуть спричинити уповільнення розвитку ТС. Наприклад, в 20-х роках почали створювати «динамічні» танки – по дорозі на колесах, по бездоріжжю – на гусеницях. Але на той час ще не було чіткої уяви про структуру танків (кількість башт, озброєння, оптимальні розміри). Тому передчасно створені «динамічні» танки виявились невдалими.

Законам підлегли всі ТС. Тому можна передбачити наслідки, що спричинені їх розвитком і заздалегідь навчитися долати ці наслідки, якщо вони негативні. Прикладом може бути надмірне забруднення атмосфери роботою двигунів внутрішнього згорання. Розв'язувати це питання можна було значно раніше. На сьогодні слід було б зважити на збільшення потужності квантових генераторів, що використовуються в лазерній «техніці», бо вони спричинюють, так зване, «лазерне» забруднення атмосфери шляхом утворенням нових хімічних сполук.

## Питання для самоконтролю

1. Яке визначення технічної системи?
2. Які фундаментальні ознаки технічної системи?
3. Які є закони принципової життєздатності?
4. В чому суть закону повноти частин системи?
5. В чому суть закону енергетичної провідності системи?
6. В чому суть закону узгодження ритміки системи?
7. Які є закони періоду розвитку ТС?
8. В чому суть закону етапності розвитку ТС і перехід в над систему?
9. В чому суть закону витискання людини із ТС?
10. В чому суть закону нерівномірності розвитку частин системи?
11. В чому суть закону збільшення ступеня ідеальності системи?
12. В чому суть закону розгортання-згорання ТС?
13. Які є закони завершального етапу розвитку та переходу до нової ТС?
14. В чому суть закону збільшення ступеня динамічності та керованості системи?

### Лекція 3

## АЛГОРИТМ РІШЕННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ

### ПЛАН

1. Схема рішення задач згідно АРВЗ
2. Інтелектуальна система «Винахідницька машина» для рішення винахідницьких задач
3. Принципи репольного аналізу
4. Фізичні, геометричні та хімічні ефекти – інструменти технічної творчості

Можливості підвищення творчого процесу полягають у збільшенні хаотичності пошуку та систематизації перебору варіантів.

Графічно це можна представити такими схемами пошуку (рисунок 9).

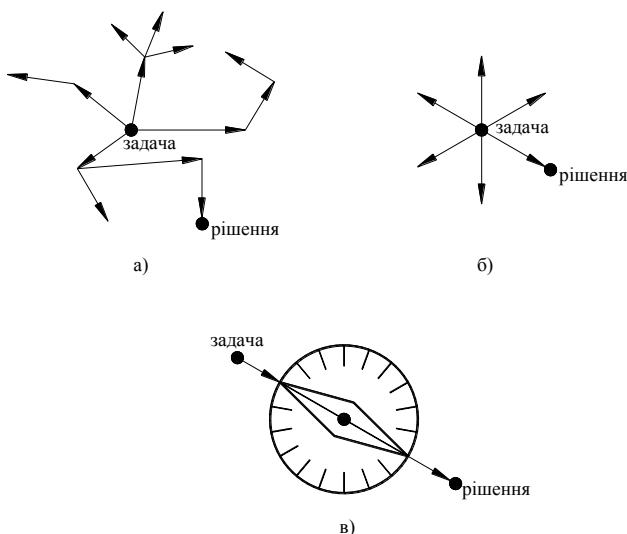


Рисунок 9 - Графічне представлення схем пошуку:  
а) – збільшення хаотичності пошуку; б) – систематизація перебору варіантів; в) – використання раціональних методів пошуку.



До групи систематизації пошуку відносять раціональні методи, до яких належать, крім вже розглянутих, методи ТРВЗ та ФВА. Побудовані на законах розвитку ТС, вони дозволяють значно звужити поле пошуку та отримати сильне рішення. В ТРВЗ процес пошуку нових сильних рішень розглядається, як виявлення, аналіз та усунення технічних суперечностей без компромісів, тобто покращення одного показника відбувається без погіршення іншого (наприклад, в барабанній пральній машині підвищення швидкості барабана підвищує якість віджиму і, в той же час, підсилює вібрацію).

Велику цінність для роботи має інформаційний фонд ТРВЗ, який включає: задачі-аналоги, типові прийоми усунення суперечностей, банки фізичних, хімічних та геометричних ефектів, репольний аналіз. Цей інформаційний фонд складає інструментарій ТРВЗ.

Кожна його складова може використовуватись як окремо, так і в сполученні з іншими складовими. Інформаційний фонд розвивався на основі обробки великих масивів патентної інформації.

В цьому ТРВЗ є узагальненням сильних сторін творчого досвіду багатьох поколінь винахідників.

Основний робочий інструмент в ТРВЗ – це алгоритм рішення винахідницьких задач (АРВЗ).

## **1. Схема рішення задач згідно АРВЗ**

Спочатку за чіткими правилами коректують початкове формулювання задачі, далі будують моделі задачі, визначають речово-польові ресурси (РПР), складають ідеальний кінцевий результат (ІКР), виявляють та аналізують технічні та фізичні суперечності, використовують оператори незвичайних та сміливих рішень, спецприйоми, усувають психологічну інерцію та формують уявлення. При цьому використовують інформаційний фонд, який постійно поповнюється.

Безпосередньо для рішення задач використовують прийоми усунення технічних суперечностей, репольний аналіз та найбільш сильні методики АРВЗ.

СУПЕРЕЧНОСТІ - це боротьба протилежних інтересів, бажань або вимог, коли одне з них виключає інше.

«Технічною суперечністю називають ВЗАЄМОДІЮ в системі, що є в тому, наприклад, що корисна дія викликає ОДНОЧАСНО і шкідливу дію» (Г. Альтшулер) Тобто, технічною (системною) суперечністю в ТРВЗ називається ситуація, коли спроба поліпшити одну характеристику технічної системи викликає погіршення іншої.

### *Рекомендації для засвоєння ТРВЗ*

Найбільш суттєві помилки процесу рішення творчих задач:

1. Вимоги виконавця точно сформулювати задачу замовником. Це повинен зробити винахідник шляхом послідовного уточнення та перетворення вихідного формулювання.

2. Побоювання виходу за рамки вузької спеціалізації. Труднощі тут в основному психологічні, оскільки для принципово нового рішення часто вистачає знань фізики в обсязі середньої школи.

3. Ускладненням роботи зайвою інформацією. При використанні ТРВЗ це шкідливо, оскільки весь аналіз повинен зводитись до визначення ядра задачі – фізичної суперечності.

4. Винахідники-початківці часто не відважуються аналізувати задачу інструментами ТРВЗ, якщо не бачать рішення. Навпаки, ТРВЗ потрібна там, де рішення не видно. Навіть, якщо відповідь знайдена за допомогою одного інструменту, роботу бажано продовжити. Новий варіант рішення може бути більш сильний. Необхідно чітко та послідовно виконувати кроки, правила, рекомендації ТРВЗ. Тільки чіткі формулювання дають вірогідність знаходження рішення.

5. Необхідно максимально використовувати кожний крок, але не варто довго затримуватись на ньому, якщо він не дає результату, а йти далі.

6. Обов'язково фіксувати кожен крок, міркування, рішення, а також нові задачі, які з'являються в процесі. Але переходити до нових задач, поки не закінчений аналіз першої, не варто.

Аналіз не можна зупиняти, якщо з'являється безглузде, навіть «дике» рішення. Це може свідчити про близьке кінцеве рішення.

## **2 Інтелектуальна система «Винахідницька машина» для рішення винахідницьких задач**

Для автоматизованого вирішення винахідницьких задач було створено навіть комп'ютерну систему. Автором програм, які складають інтелектуальну систему «Винахідницька машина» є мінський вчений В. Цуріков. Це:

- ВМ-прийоми (для усунення технічних суперечностей);
- ВМ-стандарти (стандарти рішень ВЗ);
- ВМ-ефекти (містить більш ніж 1200 фізичних, хімічних та геометричних ефектів);
- ВМ-ФВА;
- ВМ-АРВЗ;
- ВМ-вчитель;
- ВМ-психологія (для усунення психологічної інерції);
- ВМ-заявка.

В 1991 році на Всесвітній виставці Експо-91 система ВМ отримала золоту медаль.

## **3 Принципи репольного аналізу**

Реполь – структурна модель технічної системи, яка складається з речовин (виріб та інструмент) і поля (енергії їх взаємодії).

Графічне зображення реполю наведено на рисунку 10.

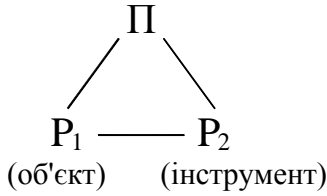


Рисунок 10 - Графічне зображення реполю

В ТРВЗ під речовиною умовно розуміють об'єкти незалежно від ступеню їх складності. Наприклад, при пранні вода – одна речовина, білізна – друга. Поняття «поле» включає, на відміну від фізики, не тільки електромагнітне, гравітаційне, а також такі взаємодії, як хімічне, механічне. При переборах для зручності використовують аббревіатуру ГМАТХЕМ (гравітаційне поле, механічне, акустичне, теплове, хімічне, електричне, магнітне). Поля можуть бути комбінованими.

При побудові реполю використовують такі умовні позначення:

- ⇒ – перехід від умов задачі до результату,
- ↔ – взаємодія речовин між собою,
- – дія одного компонента на інший,
- – дія чи взаємодія, яку необхідно ввести по умові задачі,
- – дія чи взаємодія в загальному вигляді,
- ⋈ – незадовільна дія (чи взаємодія),
- ⊥ – руйнування дії,
- △ – реполь в загальному вигляді,
- Π<sub>1</sub> та Π<sub>2</sub> – різні поля,
- Π' та Π'' – поля на вході та виході.

### *Основні правила репольного аналізу*

#### 1) Побудова реполю.

Приклад 1: як розділити шматки деревини (P<sub>1</sub>) та кору (P<sub>2</sub>) під час обробки стовбурів дерев? Маємо:

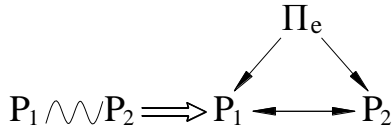


Рисунок 11

Під час проведення дослідів було помічено, що в електричному полі частинки кори накопичують заряд «-», деревини – «+». На основі цього було запропоновано для вирішення задачі використати електростатичне поле.

Приклад 2: є термопласт, з якого потрібно виготовити листи з ворсинками. Лиття та штамповка неприпустимі.

Добавимо у розплавлену пластмасу феромагнітний порошок. Якщо тепер до розігрітою пластмаси піднести магніт з голками, то вони потягнуть за собою пластмасу у вигляді ворсинок.

У репольній формі:

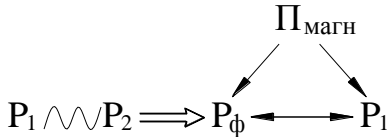


Рисунок 11

## 2) Розвиток або підвищення ефективності реполей.

Якщо дія поля в ТС недостатньо ефективна, застосовується правило розвитку реполя:

1. Зі збільшенням степені дисперсності інструмента  $P_2$  ефективність реполю збільшується.

2. Дія поля на інструмент  $P_2$  ефективніша дії на виріб  $P_1$ .

3. Ефективність реполю збільшується, якщо інструмент  $P_2$  розгортається у ланцюговий реполь, який приєднаний до існуючого.

Приклад 3. Для очистки гарячих газів від пилу використовують фільтри у вигляді пакета з декількох шарів металевої тканини. Ці фільтри задовільно утримують пил, але їх важко чистити.

Задача була вирішена, коли у якості фільтруючої перегородки був використаний феромагнітний порошок, розташований між полюсами електромагніта. Включенням та виключенням електромагніта можна керувати фільтром, змінюючи розмір пор.

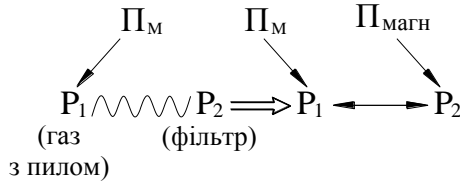


Рисунок 12

Рішення отримане завдяки:

1.  $P_2$  роздробили у феромагнітний порошок,
2. Дію поля направили не на виріб, а на інструмент,
3. Замінили механічне поле магнітним.

### 3) Руйнування реполів.

Шкідливі зв'язки у реполі руйнуються введенням між погано взаємодіючими речовинами:

- модифікації однієї з речовин;
- дешевої третьої речовини;
- використанням поля.

Приклад 4. На теплових електростанціях вугілля з бункера шнековим подавачем подається в кульовий млин. Після помолу вугільний пил повітропроводом подається в сепаратор. Великі шматки вугілля поступають на повторний помол, а вугільний пил направляється у топку. Але нерідко у подавач поступає вологе вугілля, яке налипає на стінки подавача, а також на стінки повітропроводу, який веде до млина (рисунок 13). Як бути?

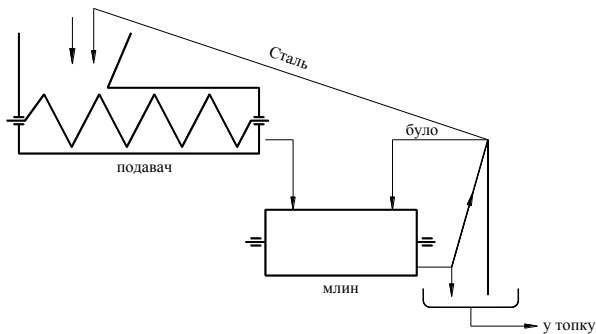


Рисунок 13 - Схема підготовки вугілля для теплових електростанцій.

Рішення полягало у тому, що частину порошку (модифікація речовини) направляли з млина у бункер подавача, де він обволікав мокрі шматки вугілля, запобігаючи тим самим його налипанню на стінках. Відповідний реполь має такий вигляд:

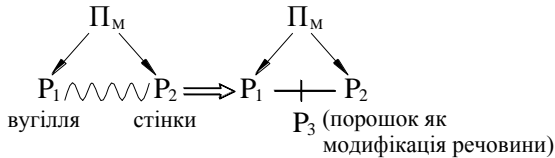


Рисунок 14

#### 4) Побудова вимірювального реполю.

Якщо потрібно отримати інформацію про стан ТС, будують «вимірювальний» реполь шляхом введення в систему речовини, зв'язаної з полем, що легко проявляється та вимірюється, або речовину, що перетворює поле в таке, що легко проявляється.

Приклад 5. Потрібен спосіб, що дозволяє швидко та точно знаходити в холодильних агрегатах нещільності, через які витікає холодоагент.

Відповідь (згідно до авторського свідоцтва): в агрегат разом з холодоагентом вводять люмінофор, який в затіненому місці під дією ультрафіолетових променів починає світитися у місці витікання.

Репольний запис рівняння:

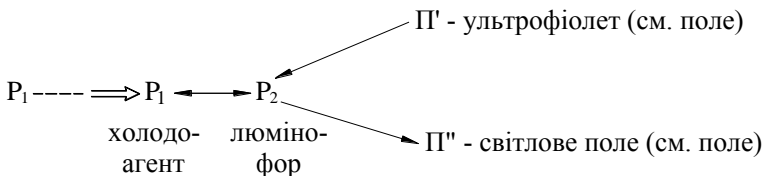


Рисунок 15

#### **4 Фізичні, геометричні та хімічні ефекти – інструменти технічної творчості**

Ці ефекти лежать в основі всіх конкретних технічних рішень, забезпечуючи їх принцип дії або ідею рішення. Фізиці відомо біля 5000 ефектів, випускники технічного вузу отримують інформацію приблизно про 150 фізичних ефектів, що все ж може бути цілком достатнім для успішного рішення технічних задач.

Для цього слід додати геометричні ефекти (спіралі, гвинтові лінії, кульові поверхні, еліптичні, параболічні, гіперболічні та інші), хімічні (перетворення речовин, енергії, інформації – флуоресценція, хемілюмінесценція).

Докладніше з переліченими ефектами можна ознайомитися в спеціальній літературі з технічної творчості.

##### **1) Принципи усунення суперечностей.**

Технічна суперечність полягає у тому, що спроба покращення одних сторін системи приводить до неприпустимого погіршення інших.

Рішення задачі може бути ефективним, якщо чітко сформульована технічна суперечність дає можливість встановити фізичну суперечність, яка у ряді випадків має підказуючий ефект.

Наприклад, під полірувальник оптичних лінз необхідно подавати охолоджуючу рідину. Використання отворів на робочій поверхні полірувальника дозволяє подавати охолоджуючу рідину, але знижує продуктивність полірування. Це і є технічна суперечність.

Фізична суперечність – робоча поверхня полірувальника повинна бути твердою і суцільною, аби здирати частинки скла і одночасно «порожньою», щоб пропускати охолоджуючу рідину.

Рішення полягає в усуненні фізичної суперечності фізичними перетвореннями, а саме: використання для полірувальника перехідного стану, тобто виготовити його з льоду з вмороженими частинками абразивів.



## 2) Основні механізми усунення суперечностей.

В АРВЗ використовують п'ять механізмів усунення суперечностей:

1. Перехід від даної в задачі моделі ТС до ідеальної шляхом формування ІКР.
2. Використання репольних перетворень.
3. Перехід від технічної суперечності до фізичної.
4. Моделювання за допомогою «маленьких чоловічків».
5. Використання стандартних прийомів.

## 3) Метод моделювання «маленькими чоловічками» (ММЧ)

Суть його в тому, що об'єкт представляється у вигляді натовпу малих чоловічків. Приймають, що маленькі чоловічки можуть діяти, розуміючи ситуацію. Техніка використання зводиться до таких операцій:

- виділяється оперативна зона, яка представляється у вигляді натовпу «малих чоловічків»;
- «чоловічків» ділять на групи, які діють згідно до умов задачі;
- отриману модель необхідно розглянути та перебудувати так, щоб «маленькі чоловічки» діяли, не викликаючи конфлікту.

Наприклад, шліфувальний круг погано обробляє вироби складної форми з випуклостями та впадинами, наприклад, ложку. Замінити шліфування іншим видом обробки не вигідно і складно. Як бути?

Рішення. На основі аналізу, проведеного за допомогою методу «ММЧ» запропоновано робочу поверхню шліфувального круга подрібнити на зерна, зробивши ці зерна рухомими і керованими за допомогою магнітного поля. Цього можна досягти, якщо зробити зерна абразиву феромагнітними і розташувати їх у вигляді зовнішнього шару на магнітному центрі круга (рисунок 16).

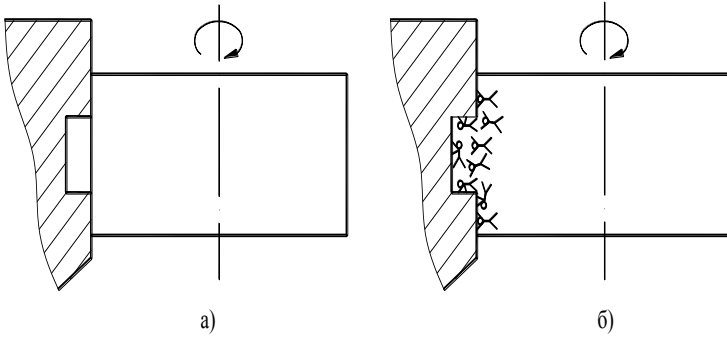


Рисунок 16 - Схема шліфувального круга:  
 а) – початкова ТС; б) – ТС після перебудови.

### Питання для самоконтролю

1. В чому суть технічної суперечності?
2. Що означає слово «реполь»?
3. В чому суть принципу усунення суперечностей?
4. Які основні механізми усунення суперечностей в АРВЗ?
5. В чому суть методу моделювання «маленькими чоловічками» (ММЧ)?

## Лекція 4

# СТАНДАРТНІ РІШЕННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ. ПОШУК ПРАВИЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ ДЛЯ ЗМІН ТА КЛЮЧОВИХ ЗАДАЧ.

## ПЛАН

1. Система прийомів усунення суперечностей.
2. Функціонально-вартісний аналіз

### 1. Система прийомів усунення суперечностей

В результаті розгляду 40 тисяч сильних патентних рішень та їх аналізу були складені 40 прийомів усунення суперечностей. Перелік прийомів наведений у спеціальній літературі.

Система прийомів багатоповерхова.

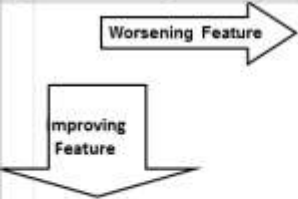
- На першому поверсі – елементарні прийоми.
- На другому – парні.
- На третьому – комплексні.
- На четвертому – фонд стандартів РВЗ.

Елементарні прийоми: подрібнення, об'єднання, принцип місцевої якості та інші. Наприклад, вантажне судно можна поділити на окремі секції, що дозволяє при необхідності зробити судно довгим чи коротким. Ці прийоми не гарантують обов'язкового прогресу, але інколи вони корисні.

Парні прийоми: подрібнення-об'єднання, принцип попередньої дії. Наприклад, стабільна нестача спирту при опорожненні пломбованої цистерни. Причина полягає в попередньому (до пломбування) розташуванні в цистерні злочинцем ємкостей.

Комплексні прийоми: об'єднання простих або парних прийомів з фізичними ефектами. Наприклад, як витягти з глухого отвору запресовану кульку? Рішення полягає у тому, що перед запресуванням необхідно ввести в отвір краплю рідини, яка в процесі нагрівання розширюється і виштовхує кульку.

Фонд стандартів РВЗ представлений у вигляді таблиці використання прийомів, що складена на основі аналізу патентів, які дозволяють усунути складні суперечності. Використання такої таблиці дозволяє по аналогії вирішувати нові технічні задачі.



		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28	
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35	
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		7, 14, 17, 4	
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+		
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		+	
8	Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14				+

Рисунок 17 – Фрагмент таблиці 40 прийомів усунення суперечностей

## 2. Функціонально-вартісний аналіз

В основі ФВА лежить те, що витрати при створенні та використанні ТС можна розділити на дві групи:

1. Корисні, абсолютно необхідні для роботи ТС.
2. Зайві, викликані введенням непотрібних функцій, недосконалістю конструкції та технологічних функцій або методів організації виробництва.

Головне завдання ФВА – це по-можливості усунути або зменшити зайві витрати.

Причини наявності резервів:

- неефективність використання технічної та наукової інформації,
- зневажливе відношення до економічної сторони ряду конструкторів,
- невиправдане завищення технічних параметрів,
- неузгодженість в роботі конструкторів, технологів, виробників тощо.

Але все ж головна причина в наявності непотрібних резервів – це психологічна інерція, технічний консерватизм, відсутність системного підходу до рішення. Навіть у технічно грамотних технічних рішеннях з часом можуть з'явитися резерви (нові технології, матеріали і тощо).

Результатом ФВА повинно бути зниження витрат на одиницю корисного ефекту. Теоретична база методу була закладена в 1946...50 рр. В СРСР (Соболевим – головним конструктором Пермського телефонного заводу) і США (Майлзем з фірми «Дженерал електрик»). Публікації з уього приводу з'явилися у 1960 рр.

Практична віддача при використанні ФВА досить суттєва:

- в СРСР в електротехнічній галузі в 80 рр. 10...20 крб. на 1 крб,
- в Польщі – 100 злотих на 1 зл.,
- в США – 7...20 \$ на \$ 1.

В Японії 100 % виробів на експорт підлягають ФВА.

### *Етапи ФВА (у сфері виробництва)*

1. Підготовчий, на якому виділяють конкретні цілі та задачі роботи, готують необхідні матеріали по об'єкту.

2. Інформаційний – вивчення всебічної інформації по об'єкту та його опис, складання структурної технологічної схеми, визначення витрат, визначення зон найвищих витрат.

3. Аналітичний – виявлення та формулювання функцій ТО їх аналіз (із встановленням головної функції, другорядних,

допоміжних, непотрібних), побудова функціональної або функціонально-структурної схеми об'єкту, оцінка значимості функцій, розподілення та аналіз витрат, побудова собівартісної діаграми, виявлення дефектних функціональних зон, уточнення зон пошуку резервів економії.

4. Творчий – уточнення напрямку та задач пошуку нових рішень і вибір методів цих пошуків, пошук рішень, формування варіантів конструктивного оформлення об'єктів.

5. Дослідницький – систематизація та оцінка запропонованих варіантів, розробка ескізів з необхідними розрахунками, дослідження та експериментальна перевірка виконання функцій, визначення витрат по кожному варіанту, ранжування варіантів.

6. Рекомендаційний – оформлення рекомендацій, узгодження їх зі всіма зацікавленими службами.

7. Етап впровадження – впровадження та оцінка впровадження.

*Приклад застосування ФВА.*

Об'єкт – побутова шнекова м'ясорубка ВО «Електросила». Цей об'єкт був вибраний при вивченні ФВА в 1981 році на одному із семінарів винахідників.

Перша група задач була пов'язана з експлуатацією (зменшення навантаження на рукоятку, незручність лиття, велика вага, небезпека травмування, недостатня ефективність кріплення м'ясорубки, забивання решітки та ножа при переробці жилявого та жирного м'яса).

Друга група задач пов'язана з виробництвом (велика металоємкість, велика трудомісткість виготовлення решітки з твердої інструментальної сталі тощо).

На першому, підготовчому, етапі було складене технічне завдання, сформована робоча, а далі експертна група.

На інформаційному етапі були вивчені вітчизняні та зарубіжні аналоги, починаючи із стародавніх аж до сучасних, пластмасових.

На аналітичному етапі були побудовані структурна (рисунок 18) та технологічна (табл. 3) схеми.

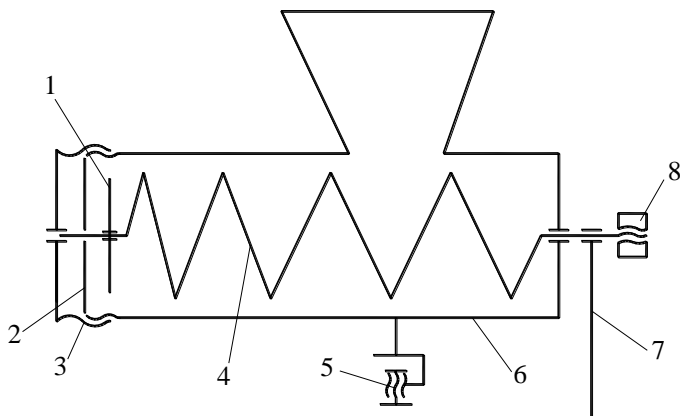


Рисунок 18 - Структурна схема побутової шнекової м'ясорубки:  
 1 – ніж; 2 – решітка; 3 – гайка; 4 – шнек (валик, витки); 5 – гвинт; 6 – корпус (корпус, втулка, прокладка); 7 – ручка; 8 – гайка.

Таблиця 3 – Технологічна схема побутової шнекової м'ясорубки

№ п/п	Деталь, елемент	Технологічні операції	
1.	Гайка	Лиття, механічна обробка, поліровка	
2.	Решітка	Штамповка, обточка, свердління, термічна обробка, шліфування	
3.	Ніж	Лиття, термообробка, заточка	
4.	Валик Витки	Точіння, фрезерування лиття	Точіння, полірування
5.	Корпус	Лиття	

Далі був виконаний функціональний аналіз, представлений у вигляді матриці функцій м'ясорубки (табл. 4). Це дає можливість уточнити функції окремих вузлів та деталей.

Таблиця 4 – Матриця функцій м'ясорубки

Функції	Вузли та деталі					
	М'ясо-рубка	Гайка	Решітка	Ніж	Шнек	...
Переробляє м'ясо	О	–	О	О	Д	...
Подає	Д	–	–	–	О	...
Ріже	О	–	О	О	–	...
Зминає	Ш	–	Ш	Ш	Ш	...
Об'єднує деталі	–	О	–	–	–	...
...						

В таблиці: «О» – основна функція, «Д» – допоміжна функція, «Ш» – шкідлива функція.

При складні матриць ведуться пошуки нових варіантів виконання корисних функцій та виключення шкідливих та непотрібних. Так, з таблиці видно, що ніж та решітка не тільки ріжуть, але і зминають м'ясо. Це дає можливість поставити нові задачі.

Особливо багато інформації про слабкі місця конструкції дає заповнення діагностичної таблиці м'ясорубки (табл.5).

Порівняння результатів аналізу матриці функцій та діагностичної таблиці дозволяє виявити першочергові напрямки роботи. Наприклад, у конструкторів занепокоєння викликає решітка, оскільки свердління отворів в твердій сталі вимагає багато праці та свердел. У технологів проблеми з виготовленням оснастки по корпусу і т.д.

Всі недоліки зводять до таблиці, що дає можливість ретельно, всебічно проаналізувати досконалість деталей.

На наступному, творчому етапі, вирішуються поставлені задачі. Із багатьох сформульованих задач необхідно виділити ключову, розв'язання якої дасть найбільший ефект. Так, наприклад, при зниженні опору подачі м'яса одночасно



Таблиця 5 – Діагностична таблиця м'ясорубки

Вузли, деталі	Характеристики та експерти								Умовна сумарна оцінка
	Функц. значущість %	Трудоємність, %	Матеріалоємність %	Ступінь занепокоєння					
	Роб. гр.	економісти		Констр.	Техн. цеху	Техн. з осн.	ВТК	Споживач	
Гайка	5	5	4	5	5	–	–	15	39
Решітка	10	5	3	60	40	5	50	10	183
Ніж	15	15	2	5	5	5	20	10	77
Шнек	15	20	20	5	10	20	–	5	95
Корпус	50	30	60	20	25	60	30	35	310
Ручка	4	15	10	2	5	5	–	20	61
Гвинт	1	10	1	3	10	5	–	5	35

зменшується зусилля на ручку, зменшується навантаження ряду інших деталей і, як наслідок, металоємкість конструкції.

На творчому етапі задачі ділять на дві групи. Перша – задачі не мають суперечностей, друга – задачі мають суперечності і потребують винахідницьких рішень. Наприклад, до першої групи відноситься задача удосконалення конструкції шнека. Так, вал шнека має  $\varnothing 20$  мм, виготовлений із сталі і може передати набагато більший момент, ніж є потреба, тобто діаметр можна зменшити. При цьому зменшиться витрата матеріалу, зменшиться його трудоемкість.

Задачі другої групи розв'язують за допомогою прийомів, що усувають технічні суперечності. Тут і більш точний розрахунок, і пропозиції щодо розбірного корпусу і виготовлення асиметричної опори і т.д.

Більш складні задачі потребують використання елементів ТРВЗ. Наприклад, розв'язання задачі щодо зменшення видавлювання соку з м'яса проводилось у відповідності з АРВЗ. Так, ТС для подрібнення м'яса складається з отворів решітки, м'яса та ножа.

Технічна суперечність-1: товсте лезо міцне, добре ріже, але зминає м'ясо та видавлює з нього сік.

Технічна суперечливість-2: тонке лезо не видавлює сік, але складне у виготовленні та неміцне.

Переходимо до фізичної суперечності, що повинна підказати розв'язок. Аналіз ситуації на мікрорівні дає: лезо повинно здійснювати різання по способу пилки.

На рисунку 19 наведена послідовність знаходження рішення.

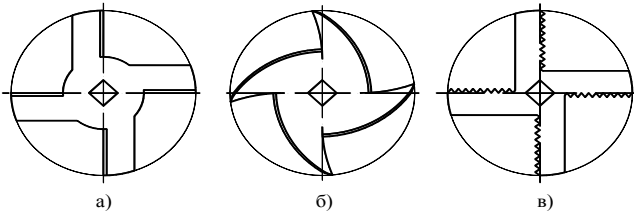


Рисунок 19 - Послідовність знаходження рішення.

Ніж по схемі а) видавлює сік, по схемі б) відкидає м'ясо до периферії, по схемі в) забезпечує зниження опорів при різанні м'яса при зменшенні видавлювання соку.

В процесі роботи над оптимізацією м'ясорубки з використанням прийомів ФВА були знайдені відповіді не на всі питання, але робота показала дієвість ФВА, можливість конкретного зниження собівартості конструкції при збереженні, або навіть покращення її функціональності.

### **Питання для самоконтролю**

1. Як застосовують прийоми усунення суперечностей?
2. В чому суть функціонально-вартісного аналізу?

## Список використаних джерел

1. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017.
2. Нарбут Н. Н. Учебник и сборник задач по ТРИЗ / Н.Н.Нарбут, А.Ф.Нарбут. - Запорожье-Сеул, 2004. – 213 с.
3. Gadd K. TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving. - UK: John Wiley & Sons, 2011. – 512 p.
4. Haines-Gadd L. TRIZ for Dummies.- UK: John Wiley & Sons, 2016. – 367 p.
5. Royze Z. Systematic Engineering Innovation. - TRIZ Consulting, Incorporated, 2020. – 292 p.
6. Open Source TRIZ [Електроний ресурс]. URL: <https://www.opensourcetriz.com>
7. Гасанов А. И. Учебник по ТРИЗ/ А. И. Гасанов, В. Ю. Бубенцов, С. А. Евсюков, А. В. Кудрявцев, А. В. Ревенков [Електроний ресурс]. URL: <https://litresp.ru/kniga/ru/Г/gasanov-a-i/uchebnik-po-triz>

Навчальне видання

**ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
**дисципліни**  
**«ВИРІШЕННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ**  
**В ЕНЕРГЕТИЦІ»**

для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форми навчання, спеціальності  
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Упорядник:**  
**ТРУНОВА Ірина Михайлівна**

Формат 60x84x16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.  
Ум. друк. арк. 3,1.  
Державний біотехнологічний університет