



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

**С.В. Кравець, А.А. Нечидюк,
О.Л. Романовський**



ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Національний університет
водного господарства

Навчальний посібник
природокористування

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

Рівне - 2015



Національний університет

УДК 658.512.2(075.8)

ББК 74.200.585я7

К77

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України.

(Лист № 1/11-20222 від 24.12.2014 р.)

Рецензенти:

Кириченко І.Г., доктор техн. наук, професор Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

Сукач М.К., доктор техн. наук, професор Київського національного університету будівництва і архітектури;

Шваб'юк В.І., доктор техн. наук, професор Луцького національного технічного університету.

Кравець С.В., Нечидюк А.А., Романовський О.Л.

К77 Теорія технічних систем. Навчальний посібник. – Рівне : НУВГП, 2015. – 139 с.

ISBN 978-966-327-303-7

У навчальному посібнику в систематизованому вигляді викладено матеріал про закономірності розвитку технічних систем і творчого мислення, сучасні методи пошуку нових технічних вирішень й активізації творчого процесу, основні принципи й прийоми вирішення технічних суперечностей; на конкретних прикладах вирішення винахідницьких завдань показана можливість технічної творчості в майбутній інженерній діяльності.

Призначено для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Машинобудування».

УДК 658.512.2(075.8)

ББК 74.200.585я7

ISBN 978-966-327-303-7

© Кравець С.В., Нечидюк А.А.,
Романовський О.Л., 2015

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2015



ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ТЕОРІЮ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	7
1.1. Основні поняття про теорію систем, технічні системи. Ознаки технічних систем	7
1.2. Функції технічних системи	8
1.3. Структура технічних систем та принципи її побудови	8
1.4. Організація технічних систем	11
1.5. Системні властивості технічних систем	12
2. МЕТОДИ ПОШУКУ ТЕХНІЧНИХ ВИРІШЕНЬ. АНАЛІЗ І СИНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ ВИРІШЕНЬ.....	15
2.1. Психологічні особливості та роль особистості в науково-технічній творчості	15
2.2. Організація творчого колективу	19
2.3. Етика науково-технічної творчості	20
2.4. Поняття про евристику і загальна характеристика методів активізації творчої діяльності	21
2.5. Метод контрольних запитань	25
2.6. Асоціативні методи пошуку технічних вирішень	30
2.7. Мозковий штурм	31
2.8. Синектика	33
2.9. Морфологічний аналіз	37
2.10. Інші методи пошуку, що ґрунтуються на комбінаторному принципі	39
2.11. Функціонально-вартісний аналіз (ФВА)	41
2.12. Теорія вирішення винахідницьких завдань (ТВВЗ)	42
2.13. Узагальнений евристичний алгоритм. Метод систематичної евристики	45
2.14. Основні етапи й поняття раціонального творчого процесу	48



3.	ДІАЛЕКТИКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ. ЗАКОНИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	55
3.1.	Діалектика технічних систем	55
3.2.	Закони розвитку технічних систем	58
4.	РІВНІ ТВОРЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. ФІЗИЧНІ ЕФЕКТИ ТА ЯВИЩА, ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВИРШЕННІ КОНКРЕТНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАВДАНЬ. ФОНД ТЕХНІЧНИХ ВИРШЕНЬ	68
4.1.	Рівні творчої діяльності	68
4.2.	Фізичні ефекти та явища, їх застосування при вирішенні конкретних технічних завдань	72
4.3.	Фонд технічних вирішень	77
5.	ФОНД ЕВРИСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ.....	88
6.	РЕПОЛЬНИЙ АНАЛІЗ.....	111
6.1.	Загальні відомості	111
6.2.	Основні правила побудови й перетворення реполів	114
6.3.	Стратегічна лінія розвитку технічних систем ..	118
	ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	121
	КОНТРОЛЬНІ ТЕСТОВІ ПРОГРАМИ	123
	КАРТА ТЕСТУВАННЯ	128
	ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	129
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	134
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	136



ВСТУП

Першочергове завдання сучасної вищої технічної школи – навчити майбутнього фахівця оволодівати знаннями, навичками і прийомами вирішення творчих інженерних задач, розвивати інтерес і необхідність у постійному творчому застосуванні набутих знань.

Мета навчального посібника – у систематизованому вигляді викласти матеріал про закономірності розвитку технічних систем і творчого мислення, сучасні методи пошуку нових технічних рішень й активізації творчого процесу, основні принципи та прийоми вирішення технічних суперечностей; на конкретних прикладах виконання винахідницьких завдань показати можливість технічної творчості в майбутній інженерній діяльності.

Головна мета навчальної дисципліни „**Теорія технічних систем**” полягає в тому, щоб виробити у студентів здатність системного розгляду технічних задач, познайомити з методами їх розв’язування, ґрунтуючись на сутностях і закономірностях структури, створення та використання технічних систем.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення основ теорії технічних систем, їхніх класифікації, властивостей, закономірностей розвитку і творчого мислення;
- оволодіння сучасними методами і прийомами науково-технічної творчості, основними принципами і прийомами вирішення технічних суперечностей;
- формування вмінь застосовувати набуті знання у процесі вирішення практичних задач.

У результаті вивчення курсу студенти повинні:

- описувати засоби функціонування та властивості машинних систем;
- трактувати технічну проблему цілісно з позицій системного підходу;
- на практиці застосовувати методи і прийоми науково-технічної творчості для вирішення технічних задач;
- прогнозувати розвиток технічної системи.

Навчальний посібник підготовлений під загальною редакцією доктора техн. наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України С. В. Кравця, окремі розділи написали: доктор техн. наук

С. В. Кравець (2.4-2.12, 3.1, 3.2, 4.1-4.3, 5, 6.1-6.3), канд. техн. наук
А. А. Нечидюк (вступ, 1.1-1.5, 3.2, 5.3, 5.5, додатки), канд. техн.
наук О. Л. Романовський (2.1-2.3, 2.13, 2.14, 5.3, 5.5, 5.9).

Автори висловлюють щиру подяку рецензентам доктору технічних наук, професору Харківського національного автомобільно-дорожнього університету І. Г. Кириченку, доктору технічних наук, професору Київського національного університету будівництва і архітектури М. К. Сукачу, доктору технічних наук, професору Луцького національного технічного університету В. І. Шваб'юку та академіку АН вищої освіти України, заслуженому винахіднику УРСР, доктору технічних наук, професору Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Ю. М. Кузнецову за цінні і корисні зауваження, більшість з яких врахована при підготовці рукопису до друку.

Автори будуть вдячні фахівцям, студентам, колегам за зауваження і пропозиції, спрямовані на вдосконалення посібника, які просимо надсилати на адресу: a.a.nechydiuk@gmail.com.

Сподіваємося, що книга буде цікавою та корисною для інтенсифікації винахідницької діяльності аспірантів, пошуковців, фахівців інженерних галузей.



1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ТЕОРІЮ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

1.1. Основні поняття про теорію систем, технічні системи. Ознаки технічних систем

Теорія систем зародилася в 30-х роках ХХ ст. і в 50-ті роки сформувалась як самостійний науковий напрямок. Біологи Л. Берталанфі, Р. Жерар, А. Рапопорт – спеціалісти з математичних проблем в області біології та психології, К. Боулдінг – економіст створили у США „Спілку досліджень у галузі загальної теорії систем“. Починаючи з 1956 року Спілка публікує під редакцією Л. Берталанфі та А. Рапопорта щорічники „General Systems“, у яких розміщуються дослідження принципового характеру. Вчені намагаються знайти те загальне, що притаманне будь-яким досить складним організаціям матерії, як біологічної, так і соціальної природи.

Сьогодні у світі, зокрема в Україні, США, Японії, Росії, Німеччині, Польщі, Болгарії, надається значна увага розробкам проблем теорії систем. До завдань, які вирішує теорія систем, належать: визначення загальної структури системи, організація взаємодії між підсистемами й елементами, врахування впливу зовнішнього середовища, вибір оптимальної структури системи та оптимальних алгоритмів функціонування системи.

Технічна система (ТС) – це сукупність упорядковано взаємодіючих елементів з властивостями, що не зводяться до властивостей окремих елементів, призначена для виконання конкретних корисних функцій [1, 8].

Виходячи із загального розгляду, технічні системи можна розділити на повні, неповні та ті, що розвиваються. Технічна система називається повною, якщо вона має все необхідне для виконання своїх функцій без участі людини. Переважна більшість відомих технічних систем неповні, дуже багато з них є технічними системами, які розвиваються. Технічною системою, що розвивається, називається система, яка зазнає за час свого існування низки послідовних модернізацій, зв'язаних спільністю



головної корисної функції та відмінних одна від однієї направленою зміною будь-яких параметрів.

Технічна система має чотири головні (фундаментальні) ознаки:

- *функціональність;*
- *цілісність;*
- *організація;*
- *системна якість.*

1.2. Функції технічних систем

Функція ТС – це здатність 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 відповідають на запитання: що робить ця ТС? (для існуючих ТС) або що повинна робити ТС? (для ТС, які синтезуються).

Кожна ТС може виконувати декілька функцій, з яких тільки одна робоча, заради котрої вона й існує – *головна корисна функція* (ГКФ), інші – *допоміжні, супутні*, що полегшують виконання головної.

ГКФ ТС визначається виконанням вимог першої вищої системи, а ГКФ елемента визначається системою, до якої він входить. Це пояснюється численністю вимог, які ставляться до даної системи з боку інших систем. Відповідно до цього будь-який об'єкт потрібно розглядати у трьох аспектах: як щось ціле (систему), як частину більш загальної системи (надсистему) і як сукупність дрібніших частин (елементів, підсистем).

1.3. Структура технічних систем та принципи її побудови

Структура (цілісність) – це незмінна в процесі функціонування сукупність елементів і зв'язків між ними, які визначаються фізичним принципом здійснення корисної дії, що вимагається.

При створенні нових систем головним є формування структури. При цьому функція переважає над структурою за схемою: *функція* → *принцип дії* → *структура*. Вибір принципу дії однозначно визначає структуру, тому їх необхідно розглядати разом. Принцип



дії (структура) – це відображення мети - функції. За вибраним принципом дії складається функціональна схема.

Головний зміст у виборі принципу дії – надійне забезпечення ланцюжка дій від кінцевої події до початкової. Кінцева подія – це дія, отримана на робочому місці, тобто здійснення функції ТС.

Головна вимога до структури – мінімальні втрати енергії та однозначність дії (виключення помилок), тобто наявність хорошої енергетичної провідності, а також надійність причинно-наслідкового ланцюжка.

При першій побудові функціональної схеми доцільна така послідовність кроків:

- 1) сформулювати ГКФ;
- 2) визначити фізичний принцип дії робочого органу на виріб;
- 3) добрати або синтезувати робочий орган;
- 4) до робочого органу прилаштувати трансмісію, двигун, джерело енергії, орган керування;
- 5) побудувати у першому наближенні функціональну схему: *джерело енергії → двигун → трансмісія → робочий орган*;
- 6) виявити недоліки та можливі неполадки у схемі, розробити більш детальні схеми з урахуванням ієрархії підсистем; підсистеми, які недостатньо добре виконують функції, замінюють або добудовують новими елементами.

Елементи ТС повинні бути узгоджені за формою, властивостями, доповнювати один одного, взаємно посилюватися, створювати корисні властивості та взаємно нейтралізувати шкідливі. Це основний механізм виникнення системного ефекту (якості).

Форма є зовнішнім проявом структури ТС, а структура – внутрішнім змістом форми. Ці два поняття тісно взаємозв'язані. Одне із них може мати перевагу і диктувати умови втілення іншому (наприклад, форма крила літака зумовлює його структуру).

Здебільшого форма залежить від вимог надсистеми. Основні вимоги до форми:

- 1) *функціональні* (форма різьби і т.п.);
- 2) *ергономічні* (рукоятка інструменту, сидіння водія і т.п.);
- 3) *технологічні* (простота та зручність виготовлення, обробки, транспортування);



4) *експлуатаційні* (строк служби, міцність, стійкість, зручність ремонту);

5) *естетичні* (дизайн-краса, „приємність“, „теплота“ тощо).

Сучасні ТС є багаторівневими системами, котрі підпорядковуються ієрархічному принципу організації структури. Кожний рівень виступає як керівний щодо всіх нижчих і як керований (підпорядкований) щодо вищих, при цьому він спеціалізується на виконанні певної функції (ГКФ рівня). Механізм виникнення та розвитку ієрархічних структур – явище не випадкове, оскільки це єдиний шлях збільшення ефективності, надійності та стійкості у системах середньої та високої складності. У простих системах ієрархія не вимагається, оскільки взаємодія здійснюється короткими безпосередніми зв'язками між елементами. У складних системах безпосередня взаємодія між елементами неможлива, оскільки зв'язків багато й вони будуть довгими, тому безпосередні контакти зберігаються лише між елементами одного рівня, а зв'язки між рівнями різко скорочуються.

Основні властивості ієрархічних систем:

1) *подвійна якість елементів у системі* – елементи одночасно наділені індивідуальними та системними якостями, оскільки елемент який входить у систему, втрачає частину своєї вихідної якості; втрата індивідуальності – це плата елемента за придбану ним здатність проявляти окремі сторони системних зв'язків у ієрархії;

2) *диктат верхніх рівнів над нижніми* – основний порядок ієрархії.

Найнижчий рівень ієрархії – робочий орган або його робоча частина, зона, поверхня. Тому всі керівні дії (сигнали) та енергія обов'язково доходять до робочого органу, примушуючи його функціонувати певним чином, оскільки він є найпідпорядкованішим елементом системи. Але при синтезі ТС роль робочого органу прямо протилежна: він диктує структуру для виконання ГКФ.

3) *нечутливість верхніх рівнів до змін на нижніх рівнях і навпаки, чутливість нижніх рівнів до змін на верхніх* (передача зображення на відстань принципово не змінилася при переході на



лампові, транзисторні або мікромодульні елементи, а зміна системи телебачення веде до заміни елементів системи);

4) *відфільтрування (видалення) корисних функцій на рівнях ієрархії, які створюються (взаємопосилюються) на наступному поверсі, а шкідливі функції пригноблюються на кожному поверсі.*

Основний внесок у ГКФ має місце на нижніх поверхах, починаючи з робочого органу. На наступних рівнях він посилюється. Але із збільшенням кількості поверхів ріст ГКФ уповільнюється, тому системи з великою кількістю ієрархічних рівнів не ефективні, оскільки витрати починають перевищувати вигреш.

1.4. Організація технічних систем

Організація виникає тоді, коли між елементами утворюються об'єктивно закономірні, узгоджені, стійкі у часі зв'язки (відносини); при цьому одні властивості (якості) елемента висуваються на перший план (працюють, реалізуються, посилюються), а інші обмежуються, гасяться, маскуються. У процесі роботи корисні властивості трансформуються у функції – дію, поведінку.

Головна умова виникнення організації – зв'язки між елементами або їх властивостями повинні перевищувати за потужністю (силою) зв'язки із несистемними елементами.

Організація виникає одночасно із структурою і є, власне, алгоритмом спільного функціонування елементів системи у просторі й у часі.

Із виникненням організації, порівняно із зовнішнім середовищем, зменшується ентропія системи, що виникає. Зовнішнє середовище для ТС – це переважно інші технічні системи, тобто ентропія – це непотрібна для даної ГКФ організація („чужа“ організація).

Ступінь організованості відбиває ступінь передбачуваності поведінки системи при здійсненні ГКФ. Абсолютна передбачуваність неможлива або можлива тільки для неробочих („мертвих“) систем. Повна непередбачуваність – коли системи



Складність організації характеризується кількістю і різноманітністю елементів, зв'язків та рівнів ієрархії. Зв'язок (відносини між елементами) є реальним фізичним каналом для передачі енергії, речовини, інформації, причому інформації нематеріальної не буває, це завжди або енергія, або речовина.

Головна умова роботи зв'язку – „різниця потенціалів“ між елементами, тобто градієнт поля або речовини (теплопровідність, дифузія, електричний струм, градієнт швидкості, тиску, густини, магнітного поля і т.д.).

Організація утворюється для можливості керування станом елементів у процесі функціонування системи. Керування здійснюється спеціальними зв'язками і є послідовністю команд у часі. Найбільш поширений та достовірний спосіб – керування за відхиленнями величин.

До **факторів, які руйнують організацію**, належать такі групи шкідливих впливів:

1) **зовнішні** (надсистема, природа, людина), які руйнують зв'язки, якщо їх потужність перевищує потужність зв'язків усередині системи;

2) **внутрішні** (взаємопосилення шкідливих властивостей), котрі наявні в системі з самого початку, але з перебігом часу через порушення у структурі їх кількість збільшується;

3) **ентропійні** (саморуйнування елементів через кінцевість строку життя), котрі виникають при зносі частин і переродження зв'язків (стомлення пружин, іржа та ін.).

1.5. Системні властивості технічних систем

Головний орієнтир у процесі синтезу системи – одержання майбутньої системної властивості (ефекту, якості), який визначається „формулою“ системи: функція + структура + організація = системна властивість (ефект, якість).

Системні властивості – це сукупні (інтегральні) властивості, які не дорівнюють властивостям елементів, що входять у систему і виникають тільки при створенні системи.



Розрізняють два типи системних властивостей:

- 1) **системний ефект** – непропорційно велике підсилення (зменшення) властивостей елементів;
- 2) **системна якість** – поява нової властивості, якої не було в жодного з елементів до включення їх у систему.

Щоб точніше визначити системний ефект (якість) ТС, застосовують простий прийом: потрібно розділити систему на складові елементи й подивитись, яка якість (ефект) зникла. Наприклад, розділіть вугілля, цукор, голку і подивіться, коли вони втрачають свої головні ознаки. Всі вони відрізняються один від одного лише довготривалістю процесу розділення: голка перестає бути голкою при розділенні на дві частини, а вугілля і цукор – при розділенні до атома.

Можливі три випадки виникнення системного ефекту (якості) при формуванні зв'язків елементів:

- 1) *позитивні властивості складаються, посилюються, а негативні залишаються незмінними;*
- 2) *позитивні властивості складаються, а негативні взаємно знищуються;*
- 3) *до суми позитивних властивостей додаються перетворені негативні властивості.*

Запитання для самоконтролю

1. Які задачі вирішує теорія систем?
2. Дайте визначення ТС.
3. Класифікація ТС.
4. Які ознаки має ТС?
5. Дайте визначення функції ТС.
6. Як визначити, яку функцію виконує ТС?
7. Види функцій ТС.
8. Дайте визначення структури ТС.
9. Як формується структура ТС?
10. Головна вимога до структури.
11. Послідовність побудови функціональної схеми ТС.
12. Вимоги до елементів ТС.



13. Вимоги до форми ТС.
14. Чому сучасні ТС багаторівневі?
15. Назвіть основні властивості ієрархічних систем.
16. Дайте визначення організації ТС.
17. Яка головна умова виникнення організації ТС?
18. Що таке зв'язок між елементами ТС?
19. Головна умова роботи зв'язку.
20. Які фактори руйнують організацію ТС?
21. Що таке системні властивості ТС?
22. Які розрізняють типи системних властивостей?
23. Як визначити системний ефект (якість)?
24. Випадки виникнення системного ефекту (якості).





2. МЕТОДИ ПОШУКУ ТЕХНІЧНИХ ВИРІШЕНЬ. АНАЛІЗ І СИНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ ВИРІШЕНЬ

2.1. Психологічні особливості та роль особистості в науково-технічній творчості

Існують звичні, проте не зовсім правильні думки про винахідницьку творчість. „Усе залежить від випадковості“, – кажуть одні. „Усе залежить від наполегливості“, – твердять інші. „Усе залежить від природжених здібностей“, – вважають треті. У цих міркуваннях є лише частка правди, що ж стосується випадковості, то її можна порівняти з мишкою з відомої казки, яка допомогла витягти ріпку.

З'ясуємо все-таки, які якості особистості сприяють, а які перешкоджають творчому процесу.

Отже, творчому процесу сприяють:

натхнення – психічний стан людини, у якому максимально розкриваються її творчі здібності;

„осаяння“ – бачення елементів ситуації в тих зв'язках і відношеннях, які гарантують розв'язання завдання;

інтуїція – результат попередньої тривалої, наполегливої праці, посиленних роздумів над проблемною ситуацією;

уява (фантазія) – політ думки в майбутнє, невідоме.

Творчих людей характеризують, активний інтерес до проблеми, яка вивчається, виняткова наполегливість і працелюбність, готовність боротися зі сумнівами, незалежна інтровертивна позиція, що змушує людину стояти на своєму, готовність на розрахований ризик. Творчі люди безперервно вивчають потреби суспільства, глибоко вірять у свої можливості, їм притаманна величезна допитливість, прагнення створити щось оригінальне. Відкриття роблять особи, що не лише здатні дати волю своїй уяві, а й уміють вчасно повернути її на землю. Важливу роль у розвитку технічного прогресу відіграють люди, які мають досвід інженерної й наукової діяльності, внутрішню дисципліну.

Творчому процесу перешкоджають: психологічна інерція, поспішне ознайомлення з наявною інформацією, вузькопрактичний



підхід, брак гнучкості, надмірна спеціалізація, вплив авторитетів, боязнь критики.

Психологічну інерцію – напрям розв’язання завдання, підказаний попереднім досвідом (інтуїцією) винахідника під час розв’язання подібних завдань, слід розглядати як протилежність творчій уяві. Це ворог винахідника, оскільки вектор ефективного розв’язання, одержаного методом „спроб і помилок“, здебільшого спрямований у протилежний від вектора інерції бік. Психологічна інерція тим сильніша, чим більшим обсягом знань ми володіємо.

Психологічна інерція на практиці виявляється в наступних формах.

1. Цілковите заперечення й неприйняття, особливо принципово нової ідеї.

2. Затяте обстоювання загальноприйнятого погляду, сформованого авторитетними спеціалістами. Наприклад, Аристотель написав в одному із своїх творів, що у мухи вісім ніг, і цьому свято вірили майже два тисячоліття, поки хтось не додумався перелічити ноги набридливої мухи, їх виявилось шість!

3. Використання старого принципу в нових машинах та устаткуванні. Наприклад, перший паровоз відштовхувався від землі ногами, що стирчали ззаду.

4. Збереження традиційної форми при переході на новий рівень розвитку техніки. Так, перший автомобіль мав спереду конячу голову, щоб не лякати зустрічних коней.

5. Розв’язання завдань відомими стандартними способами.

6. Розв’язання завдань тільки в межах вузької спеціальності.

7. Використання об’єктів лише за прямим функціональним призначенням. Коли винахідник перемагає таку форму психологічної інерції, він прямує до винаходів, застосування відомих об’єктів за іншим призначенням.

Треба постійно пам’ятати про існування психологічної інерції в усіх її формах, щоб у міру можливості усунути її. Найважливіші чинники для визначення психологічних бар’єрів у творчій діяльності особистості на шляху до „божевільних“ ідей: відмова від спеціальної термінології, розвиток уяви, яку можна виробити в процесі читання науково-фантастичної літератури, застосування



Оператор РЧВ – це серія мислених експериментів, що дають змогу подолати звичні уявлення про розмір, час дії й вартість об'єкта через зміну їх величини від заданої до нуля і потім до нескінченності.

Значення уяви в творчості автор теорії відносності А. Ейнштейн оцінив так: „Уява часто важливіша, ніж знання. Знання обмежені, тим часом як уява охоплює весь світ... Точніше кажучи, уява – це вирішальний чинник у наукових дослідженнях“ [36].

Приклад. Високорозвинута уява В. Фабриканта спонукала його подати заявку на винахід - квантовий генератор (лазер) ще в 1951 р. Однак експертиза визнала ідею нездійсненною, незважаючи на те, що всі необхідні умови для її здійснення були. Ідею спрямованого теплового променя (лазера) висловив Г. Уеллс у 1898 р. А. Ейнштейн через 21 рік дав теоретичне обґрунтування фізичних процесів, що уможливають створення квантових генераторів. Цього разу експерти забули слова К. Маркса про те, що людство ставить собі завжди тільки такі завдання, які воно може розв'язати, бо при найближчому розгляді завжди виявляється, що саме завдання виникає лише тоді, коли матеріальні умови розв'язання його вже існують або, у крайньому випадку, знаходяться в процесі становлення [2]. Зрозуміло, опісля експертам довелося переглянути своє рішення і видати авторське свідоцтво на винахід В. Фабриканта.

„Усе, що людина здатна витворити в своїй уяві, інші зуміють втілити в життя“ – ці слова належать письменникові-фантасту Ж. Верну.

Справді, історія науково-фантастичної літератури дає яскраві приклади перетворення „неможливого“ на „можливе“ (табл. 2.1).

У процесі винахідницької творчості чітко виявляються три фази: „пошук – вичікування – осяяння“ [1]. Не потрібно думати, що „осяяння“ прийде саме собою, випадково, або для цього потрібно мати якісь особливі природжені здібності. Французький учений А. Пуанкаре говорив, що творчий процес складається з чергування свідомих і несвідомих зусиль нашого мозку. Однак не слід чекати, що „підсвідомість“ працюватиме, поки ви відпочиваєте. За



свідченням А. Пуанкаре, його підсвідомість починала плідно працювати лише тоді, коли він довго, мало не до знемоги, обдумував проблему, яка його цікавила.

Таблиця 2.1

Доля фантастичних ідей, які висловили письменники-фантасти [1]

Письменники-фантасти	Загальна кількість фантастичних ідей	Доля фантастичних ідей					
		Здійснились або обов'язково здійсняться		Підтвердилась принципова здійсненність		Виявились помилковими або нездійсненими	
		к-ть	%	к-ть	%	к-ть	%
Ж. Верн	108	64	59	34	32	10	9
Г. Уеллс	86	57	66	20	23	9	11
О. Беляєв	50	21	42	26	52	3	6

Приклади. Видатний хімік Д. І. Менделєєв вступав до університету кілька разів і весь час „провалював“ хімію. До того ж, кажуть, що періодична система елементів йому приснилася. Його асистент згадував, що вчений уже кілька місяців і так, і сяк розкладав картки, де були вписані властивості елементів, відчував, є між ними зв'язок, має бути. Напередодні цілу ніч простояв він біля конторки, за якою звичайно писав, і лише ранком гранично стомлений, не роздягаючись, повалився на диван і заснув, тут і явилась йому таблиця. Менделєєв зрадів уві сні й відразу прокинувся. На першому-ліпшому аркуші накидав він свої великі стовпчики й відразу зрозумів: знайшов!

Винахідник Н. Тесла, що працював у лабораторії Т. Едісона, писав: „Якщо б Едісону треба було знайти голку в копиці сіна, він не став би втрачати часу на те, щоб визначити найімовірніше місце її знаходження. Він, не гаючись, із гарячковою старанністю бджоли почав би оглядати соломинку за соломинкою, поки не знайшов би предмета своїх пошуків, його методи вкрай неефективні. Він може затратити величезну кількість часу та енергії й не досягнути нічого,



якщо йому не допоможе щаслива випадковість. Спочатку я з сумом спостерігав за його діяльністю, розуміючи, що невеликі теоретичні знання та обчислення зекономили б йому 30% праці. Та він почував непідробне презирство до книжної освіти й математичних знань, довіряючись цілком своєму чуттю винахідника й здоровому глузду американця“ [1]. Сам Т. Едісон говорив про свої винаходи, що це 98% поту і 2% – натхнення. Висновок невтішний для ледачих: до успіху веде тільки робота.

Часи винахідників-одинаків скінчились, коли винайшли співавторство. Так, якщо в 1918-1919 рр. в СРСР на частку одиночних авторів припадало 98% усіх винаходів, то згодом – 20-25%. При цьому пропозиції двох авторів становлять 23-24%, трьох-чотирьох – 33-34%, п'яти-восьми – 18-20%, дев'яти і більше – 3-4%. Рекордна кількість співавторів в одній заявці становить 33. Аналогічна ситуація спостерігається і в промисловості США (в 1901 р. 82% всіх патентів припадало на частку винахідників-одинаків, а в 1969 р. – 21,9%). Отже, наука й техніка з ХХ ст. стала сферою колективної діяльності. У цих умовах велика роль соціально-психологічних й організаторських здібностей первинного творчого колективу.

2.2. Організація творчого колективу

Первинний творчий колектив – це мікрогрупа людей з властивою їй структурою взаємовідносин і розподілом ролей, у якому організованість не виключає індивідуальної активності [36]. Такий колектив складається з 3-5 чоловік, де є „генератор ідей“ – людина, яка вільно висловлює будь-які ідеї, „критик“ – людина, здатна критично аналізувати висунуті ідеї, „ерудит“ – людина, яка може дати якомога вичерпнішу інформацію „генератору ідей“ і „критику“ з будь-якої сфери діяльності людини; „організатор“ і „виконавець“. Ця рольова структура властива не тільки науковому колективу, а й будь-якій іншій групі, об'єднаній спільною метою. Згадаймо хоч би співдружність героїв роману О. Дюма „Три мушкетери“. Очевидно, Д'Артаньян був „генератором ідей“ і „організатором“, Атос – „критиком“, Арамис – „ерудитом“, а Портос



Групи, що складаються з „генератора ідей“, „критика“ й „ерудита“, вважаються оптимальними й названі „*P-групами*“.

У творчому колективі бажано дотримуватися таких принципів [50].

1) сумісності фізіологічної, психологічної, моральної й інтелектуальної;

2) перманентності (неперервності) формування складу творчого колективу;

3) наукової рівності (ґрунтується на тому, що значущість та істинність ідеї визначається незалежно від того, хто і за яких обставин її висловив);

4) морального й матеріального стимулювання членів творчого колективу;

5) гетерогенності – відповідності складу колективу типу розв’язуваних ним завдань.

Успіх роботи творчого колективу значною мірою залежить від якості виконання „рольових“ функцій його керівником. Управляти – значить передбачати, організовувати, керувати, контролювати. До основних функцій керівника належать вибір мети, складання організаційного плану, добір і розстановка кадрів, ухвалення рішень, створення в колективі творчої атмосфери.

Уміле бачення дискусії всередині творчого колективу – основа його ефективної роботи. Це дає змогу згуртувати колектив для розв’язання поставлених перед ним завдань. Спаяність колективу посилиться, коли його члени відчують, що їх оцінюють, вони можуть вільно виявляти свою активність і впливати один на одного.

2.3. Етика науково-технічної творчості

Важливий момент у творчій діяльності членів суспільства – формування професійних моральних якостей, етики науково-технічної творчості. Етика – наука про мораль, а мораль – предмет науки етики.

Морально-етичні вимоги до науково-технічного працівника: наукова об’єктивність, доказовість, повага до висловлювань



опонентів, самокритичність і переконаність, недопустимість плагіату, відданість істині.

Проблема пріоритетності. Важливе значення має встановлення пріоритету (першості) винаходу. Першим вважається той із винахідників, який раніше від інших заявив у передбаченому порядку про свій винахід, претендуючи на одержання патенту. За пріоритетом винаходу визначається його новизна. Пріоритет винаходу встановлюється з дня надходження заявки в Державне підприємство „Український інститут промислової власності“ (Укрпатент).

Проблема співавторства. Автором винаходу або раціоналізаторської пропозиції визнається особа, творчою працею якої він створений, а, отже, не може бути визнана особа, що не брала участі в його створенні. Для визнання співавторства необхідна, по-перше, спільна і, по-друге, творча праця. Не визнаються співавторами особи, що надали авторові відкриття, винаходу або раціоналізаторської пропозиції тільки технічну допомогу (виготовлення креслень і зразків, виконання розрахунків, оформлення документації, проведення дослідної перевірки тощо). Особа, що обмежилася тільки висловленням ідеї або пропонуванням теми й не брала участі в спільній творчій праці щодо створення винаходу або раціоналізаторської пропозиції, також не може вважатися співавтором. При відсутності спільної праці допускається виникнення співавторства при збігу дат пріоритету. Склад авторів установлюють самі автори. Авторство – найважливіше особисте право винахідника, а правильне встановлення його – важливий стимул розвитку технічної творчості.

2.4. Поняття про евристику і загальна характеристика методів активізації творчої діяльності

Евристика – вчення про методи винахідницької творчості. Слово „еврика“ означає „знайшов“. Як відомо, це слово прозвучало з вуст Архімеда при відкритті ним свого закону.

Сьогодні відомо понад 45 методів евристичного пошуку (табл. 2.2). Їхній науковий рівень і практична результативність

постійно зростають. Якщо спочатку розроблювані методи спирались тільки на найпростіші прийоми асоціативного мислення, то для сучасних методів пошуку вирішень характерні комплексний підхід, системний аналіз проблеми й алгоритмізація творчого процесу, що допомагає за короткий час знайти найефективніше вирішення. Сучасні методи передбачають застосування ЕОМ, що значно розширює творчі можливості людини.

Методи евристичного пошуку надзвичайно різноманітні. Суворой класифікації їх не існує. Найчіткішою ознакою того чи іншого методу є наявність або відсутність алгоритму, що організовує процес мислення. За цією ознакою можна умовно виділити дві групи методів – *неспрямованого* і *спрямованого пошуку* [32].

Таблиця 2.2

Методи пошуку нових технічних вирішень

№ з/п	Назва методу	Автори	Рік появи
1	2	3	4
1	Метод економічного аналізу й поелементної обробки конструкторських вирішень	Ю. Соболев	1950
2	Алгоритм розв'язання винахідницьких завдань (АРВЗ)	Г. Альтшуллер [1]	1956
3	Методика спрямованого мислення	Н. Середа [36]	1961
4	Методика семикратного пошуку	Г. Буш	1964
5	Метод психоевристичного програмування	В. Чавчанідзе та інші [36]	1968
6	Метод використання бібліотеки евристичних прийомів	О. Половінкін [30]	1969
7	Метод системно-логічного підходу до розв'язання винахідницьких завдань	В. Шубін	1972
8	Метод гірлянд випадковостей і асоціацій	Г. Буш [4]	1972



1	2	3	4
9	Узагальнений евристичний алгоритм	О. Половінкін та ін. [4, 30]	1976
10	Метод десяткових матриць пошуку	Р. Повілейко	1976
11	Метод виявлення узагальнених прийомів на основі аналізу опису винаходів	М. Заріпов та ін. [36]	1978
12	Репольний аналіз	Г. Альтшуллер [2]	1978
13	Методика аналізу властивостей і синтезу технічних вирішень	А. Чус [36]	1979
14	Аксиоматичний метод понять	В. Скоморохов [36]	1980
Німеччина, НДР			
15	Метод каталогу	Ф. Кунце [4]	1926
16	Метод організуючих понять	Ф. Ханзен	1953
17	Метод конференції ідей	В. Гільде та ін.	1970
18	Систематична евристика	І. Мюллер та ін. [4, 30]	1970
19	Аналіз затрат на основі споживчої вартості	Х. Еберт, К. Томас	1971
Чехословаччина			
20	Метод комплексного розв'язання проблем	С. Віт [36]	1967
США			
21	Морфологічний аналіз	Ф. Цвіккі [16]	1942
22	Синектика	В. Гордон [36]	1944
23	Метод контрольних питань	Д. Пойа [36]	1945
24	Інженерно-вартісний аналіз	Л. Майлз та ін. [32]	1947
25	Метод контрольних запитань	Р. Кроуфорд [36]	1954
26	Метод відомостей характерних ознак	Р. Кроуфорд [36]	1954
27	Метод мозкового штурму	А. Осборн [4]	1957
28	Метод контрольних запитань	С. Пірсон [2]	1957



1	2	3	4
29	Метод фокальних об'єктів	Ч. Вайтінг [2]	1958
30	Метод аналізу затрат і результатів	Ю. Фанге	1959
31	Метод творчого інженерного конструювання	Г. Буль [36]	1960
32	Метод контрольних запитань	А. Осборн [36]	1964
33	Метод раціонального конструювання	Р. Мак-Крорі [36]	1966
34	Метод ступінчастого підходу до розв'язання завдань	А. Фрейзер [36]	1969
35	Метод музейного експерименту	Колектив авторів [36]	1970
Великобританія			
36	Метод фундаментального проектування	Е. Матчетт [36]	1966
37	Метод контрольних запитань	Т. Ейлоарт	1969
38	Метод функціонального винахідництва	К. Джонс [36]	1970
39	Метод розчленованого проектування	К. Джонс [36]	1972
40	Метод ліквідації тупикових ситуацій	К. Джонс [36]	1972
41	Метод трансформації системи	К. Джонс [36]	1972
Франція			
42	Метод „матриць відкриттів“	А. Моль	1955
43	Метод „Креатіке“	Колектив авторів [1]	1970
44	Інтегральний метод „метра“	І. Бувен та ін. [1]	1972

До методів *неспрямованого пошуку* відносять такі методи, як *мозковий штурм, контрольних запитань, асоціативні методи пошуку* тощо.

Найефективнішими для пошуку нових технічних вирішень (НТВ) є методи *спрямованого пошуку*, в основі яких лежить



науково обґрунтований алгоритм творчого процесу, що включає етапи, підетапи, кроки й процедури. Алгоритм творчого процесу реалізується через виконання рекомендацій-розпоряджень, що йдуть одна за одною: зроби оте, якщо одержано такий-то результат, то зроби оте і т.д. Сучасні методи спрямованого пошуку досить складні. Вони використовують системний алгоритмізовано-процедурний підхід; типізацію способів розв'язання різноманітних винахідницьких завдань на основі аналізу патентного фонду; абстрактний символічний опис технічних суперечностей; різні прийоми, що активізують асоціативне мислення.

До методів *спрямованого* пошуку відносять деякі різновиди морфологічного аналізу (наприклад, *десяткові матриці пошуку*), *алгоритм розв'язання винахідницьких завдань і його модифікації*, *узагальнений евристичний алгоритм пошукового конструювання* тощо. У цих методах „підказки“ мають не випадковий, а навмисний характер; синтезу розв'язання передують операції аналізу, що дають змогу розчленувати проблему на окремі, простіші, завдання.

Далі методи розвиваються в таких напрямках: посилення формалізації процесу виявлення й розв'язання суперечностей, використання функціонального підходу при пошуку НТВ, розробка методик активного аналізу вирішень і пошуку завдань, збільшення адаптованості методики пошуку до різних типів і масштабів завдань, застосування ЕОМ для ведення пошуку в діалоговому режимі й формування масивів стандартних прийомів, фізичних ефектів і ТВ.

2.5. Метод контрольних запитань

Мета методу контрольних запитань – за допомогою навідних запитань підвести до розв'язання завдання. Суть методу полягає в тому, що винахідник відповідає на запитання, які містяться в списку, аналізуючи своє завдання в зв'язку з цими запитаннями. У США найбільшого поширення набув список запитань А. Осборна [36]. Наведемо деякі з них.

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



модифікувати відомі способи застосування?

2. Чи можливе вирішення винахідницького завдання шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує Вам даний технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи є в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використати? Що можна скопіювати? Який технічний об'єкт треба випереджати?

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

4. Що можна збільшити в технічному об'єкті? Чи можна приєднати? Чи можливе збільшення часу служби, дії? 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 можна що-небудь ущільнити, стиснути, згустити, сконденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, укоротити, звузити, відокремити, розробити?

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

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

8. Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки? Транспонувати позитивне в негативне? Чи не можна поміняти 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 можна створити суміш, сплав, новий асортимент, гарнітур?



Скомбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Скомбінувати цілі?
Скомбінувати привабливі ознаки? Скомбінувати ідеї?

Наведемо один з найбільш повних і вдалих списків запитань, що розробив англійський винахідник Т. Ейлоарт.

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

2. Чітко сформулювати завдання. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні завдання й аналогічні завдання. Виділити головні.

3. Перерахувати недоліки наявних вирішень, їхні основні принципи, нові припущення.

4. Накидати фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні та інші аналоги.

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

6. Випробувати різні види матеріалів та енергії: газ, рідина, тверде тіло, гель, піну, пасту тощо; теплоту, магнітну енергію, світло, силу удару та ін.; різні довжини хвиль, поверхневі властивості тощо; перехідні стани – замерзання, конденсацію, перехід через точку Кюрі тощо; ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея та ін.

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

8. Дізнатись про думку деяких зовсім необізнаних у даній справі людей.

9. Улаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всіх і кожну ідею без критики.

10. Спробувати „національні“ вирішення: хитре шотландське, всеохоплююче німецьке, марнотратне американське, складне китайське та ін.

11. Спати з проблемою, іти на роботу, гуляти, приймати душ, їхати, пити, їсти, грати в теніс – усе з нею.

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

13. Накидати таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів тощо, різних розв'язків проблеми або її частин, шукати



проблеми в розв'язках або нові комбінації її.

14. Визначити ідеальне розв'язання, розробляти можливі.
15. Видозмінити розв'язання проблеми з погляду часу (швидше чи повільніше), розмірів, в'язкості тощо.
16. В уяві залізи всередину механізму.
17. Визначити альтернативні проблеми й системи, що вилучають окрему ланку з ланцюга і, отже, створюють щось зовсім інше, відводячи в бік від потрібного вирішення.
18. Чия це проблема і чому саме його?
19. Хто придумав перший? Історія питання. Які хибні тлумачення цієї проблеми мали місце?
20. Хто ще розв'язав цю проблему? Чого він добився?
21. Визначити загальноприйняті граничні умови й причини встановлення їх.

У практиці функціонально-вартісного аналізу дістали поширення списки контрольних запитань для вдосконалення вузлів машин [19]. Ось деякі з них.

1. Для чого призначений вузол? Якщо його забрати, які функції перестане виконувати виріб?
2. Як формулюється основна функція вузла?
3. Як точніше назвати вузол, щоб назва відображала сутність виконуваної ним основної функції?
4. До яких галузей техніки можна віднести даний вузол, виходячи з функцій, що виконуються ним? Як там розв'язуються подібні завдання? Що зазначається в довідниках з цього приводу?
5. Скільки функцій виконує вузол? Чи можна частину з них скоротити?
6. Яким чином забезпечується виконання потрібних функцій?
7. Чи не можна забезпечити їх як-небудь ще?
8. Чи можна розділити їх на незалежні підвузли?
9. Якщо вузол розбірний, чи не можна зробити його нерозбірним і навпаки?
10. Який елемент вузла „найслабший“? Чи не можна його відокремити від вузла?
11. Яке конструктивне вирішення у вузлі абсолютно очевидне?
12. Що вийде, коли рухому деталь зробити нерухомою, а



13. Яка деталь вузла найголовніша? Чи не можна решту деталей виключити?

14. Якщо вузол працює безперервно, що станеться, коли „безперервно“ замінити на „періодично“?

15. Чи не можна усунути холості ходи в роботі вузла?

16. Які чинники в роботі вузла „найшкідливіші“? Чи не можна їх використати?

17. Чи не можна дорогий елемент замінити на дешевий?

18. Чи не можна механічну систему замінити електричною, оптичною, тепловою і т.д.?

19. Чи не можна те, що у вузлі виконується до складання, виконати під час складання?

20. Що потрібно зробити для спрощення складання?

21. Що станеться з виробом, коли вузол виконуватиме дію, протилежну тій, яка від нього вимагається?

22. Що станеться з виробом, коли закріпити його "вверх ногами", повернути на 90°?

23. Як може змінитися вузол, коли спробувати одержати не 100% технічного ефекту, а трохи менше?

24. Скільки всього деталей у вузлі, чи можна частину з них об'єднати?

25. Чи можна зменшити розміри вузла?

26. Чи можна зробити менш жорсткими технічні вимоги креслення до вузла?

27. Чи можна замінити спеціальні деталі вузла стандартними?

28. Чи можна застосувати економічніший спосіб складання вузла?

29. Чи можна замінити гвинтові й клепані з'єднання іншими?

30. Які матеріали потрібні для даного вузла? Що станеться, коли їх замінити?

31. Вузол ніби потрібний у виробі. Чим усе-таки він поганий?

32. Яким був би „ідеальний“ варіант цього вузла?

Преваги методу. Із винахідницького досвіду відібрані відносно сильні запитання, які допомагають певною мірою зменшити психологічну інерцію.



Неодоліки методу. Списки вказують на те, що треба робити, але не пояснюють, як це роботи. По суті, кожне запитання – це спроба.

2.6. Асоціативні методи пошуку технічних вирішень

Асоціативні методи пошуку базуються на використанні в творчому процесі семантичних властивостей понять за аналогією їхніх вторинних смислових відтінків. Причому основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори й випадково вибрані поняття [4].

До цієї групи методів відносять *метод каталогу*, пізніше вдосконалений і названий *методом фокальних об'єктів*, а також *метод гірлянд випадковостей і асоціацій*. Ці методи в основному аналогічні й ґрунтуються на тому, що суть винахідництва полягає в пошуку віддалених аналогій [36].

Метод фокальних об'єктів оснований на перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на вдосконалюваний об'єкт, що лежить ніби у фокусі перенесення (рис. 2.1). Внаслідок цього виходять незвичайні поєднання, які дають змогу подолати психологічну інерцію. Наприклад, якщо випадковим об'єктом взято тигра, а вдосконалюваним (фокальним) олівець, то виходить поєднання типу „смугастий олівець“, „хижий олівець“, „ікластий олівець“. Розглядаючи ці поєднання й розвиваючи їх, іноді вдається прийти до оригінальних ідей.

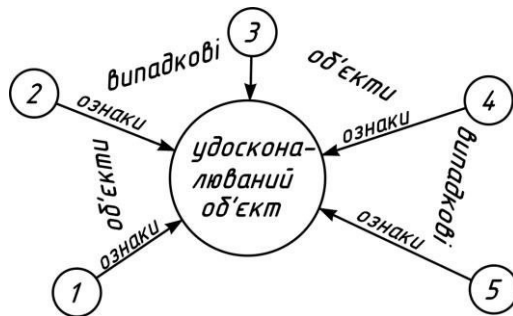


Рис. 2.1. Схема розв'язання за методом фокальних об'єктів



Послідовність застосування методу фокальних об'єктів така:

1. Вибір фокального об'єкта (наприклад, годинник).
 2. Вибір 3-4 випадкових об'єктів (вибирають наугад із словника, каталогу, технічного журналу тощо, скажімо, „кіно“, „змія“, „каса“, „полюс“).
 3. Складання списків ознак випадкових об'єктів (наприклад, кіно: широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне і т.д.).
 4. Генерування ідей шляхом приєднання до фокального об'єкта ознак випадкових об'єктів (наприклад, широкоекранний годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник і т.д.).
 5. Розвиток поєднань шляхом вільних асоціацій (наприклад, широкоекранний годинник: замість вузького циферблата взято широкий – може бути, вузький циферблат іноді розтягується в широкий – проектується кудись?... і т.д.).
 6. Оцінка здобутих ідей і відбір корисних вирішень (доцільно доручити оцінку експерту або групі експертів, а потім разом відібрати корисні вирішення).
- Асоціативні методи пошуку використовуються при пошуку модифікацій уже відомих об'єктів (способів, пристроїв, речовин).

2.7. Мозковий штурм

Мозковий штурм запропонував у 50-х роках американський психолог А. Осборн [4], який зауважив таке: одні люди схильні до генерування ідей, інші – до критичного аналізу їх. Для усунення психологічних перешкод, зумовлених боязню критики, А. Осборн запропонував поділити етапи генерування і критичного аналізу ідей у часі. У процесі беруть участь люди різних спеціальностей.

Основні правила мозкового штурму:

1. Завдання розв'язують дві групи учасників мозкового штурму – „генератори ідей“ і „експерти“. До першої групи входять люди різних спеціальностей, наділені багатою уявою й схильні до фантазування (4-15 чоловік), до другої – люди з аналітичним, критичним складом розуму. Оптимальний склад групи – 6-12 чоловік.
2. Генерування ідей має йти вільно, висловлюються будь-які ідеї,



зокрема хибні й жартівливі. Регламент – 1-2 хв.

Ідеї рухаються без доказів. Причому, і погані ідеї, як правило, є каталізаторами цікавих ідей. Усі ідеї записують у протоколи й фіксують на магнітофон. Мозковий штурм проводять 20-40 хв.

3. При генеруванні ідей заборонена будь-яка критика. Під час штурму між його учасниками мають бути встановлені вільні й доброзичливі стосунки. Бажано, щоб ідею, висунуту одним учасником штурму, підхоплювали й розвивали інші.

4. Під час експертизи слід уважно проаналізувати всі ідеї, навіть ті, що здаються явно хибними й несерйозними.

5. Процес розв'язання завдання спрямовує керівник, який має забезпечити виконання всіх без винятку умов і правил проведення штурму. Керівник не повинен наказувати й критикувати: він ставить різні запитання, які підказують що-небудь або уточнюють завдання.

6. Під час мозкового штурму рекомендується використовувати інверсію (зроби навпаки), аналогію (зроби так, як це зроблено в іншому вирішенні), емпатію (вважай себе частиною вдосконалюваного об'єкта й з'ясуй при цьому свої почуття, відчуття) та уяву (зроби щось фантастичне).

Основна концепція мозкового штурму (дати новим ідеям вихід із підсвідомості) ґрунтується на теорії З. Фрейда, згідно з якою керована свідомість – лиш тонке нашарування на некерованій підсвідомості. У свідомості панують логіка і контроль. Вони не пропускають стихійні сили, що рвуться з підсвідомості – інстинкти, прагнення, бажання. У свідомості діє порядок, панує ясність, у підсвідомості – хаос, п'ятьма, бушують грізні сили, що раз у раз прориваються й змушують людину здійснювати нелогічні вчинки. Психологічну інерцію, на думку А. Осборна, породжує порядок, що панує в свідомості, – така філософсько-психологічна концепція методу мозкового штурму.

Відомі також різновиди методу, суть яких зрозуміла з назв: *письмовий*, *індивідуальний*, *парний*, *масовий*, *двостадійний* (проводиться двома етапами по півтори години кожний, у перерві йде вільне обговорення проблеми), *поетапний* (послідовно штурмуються постановка завдання, розвиток ідеї розв'язання,



конструкція, проблема впровадження), *зворотний штурм* (шукають недоліки якої-небудь машини або процесу; виявлення недоліків (дає змогу поставити нові винахідницькі завдання), *тіньова атака* (коли одна з груп „генераторів“ не висловлює своїх ідей, що виникають у процесі обговорення проблеми, а записує їх у блокноти).

Мозковий штурм допомагає подолати психологічну інерцію, але виключає керування мисленням й ефективний лише при вирішенні нескладних завдань (другого творчого рівня); його застосовують для одержання нових ідей у науці, техніці, адміністративній і торговельній діяльності. Зокрема, принципами методу керується телевізійний клуб знавців „Що? Де? Коли?“ Ефективності методу може бути проілюстрована на прикладі американської фірми „Дженерал Електрик“, яка, використовуючи мозковий штурм протягом 30 хвилин одержала 175 ідей щодо оптимального з'єднання двох електропроводів.



2.8. Синектика

Метод *синектики* – це професійний мозковий штурм, який проводять, використовуючи аналогії й асоціації („синектика“ в перекладі з грецької мови означає „суміщення різнорідних елементів“). Метод запропонував американський винахідник-дослідник В.Дж. Гордон [36]. Він же в 1960 р. заснував винахідницьку фірму „Синектика інкорпорейшн“. У проспекті фірми записано: „Синектичні групи – групи людей різних спеціальностей, що зустрічаються з метою спроби творчого розв'язання проблеми шляхом необмеженого тренування уяви та об'єднання несумісних елементів“. Синектика – найефективніший метод розв'язання винахідницьких завдань у закордонній практиці.

В основі методу – мозковий штурм. Проте звичайний мозковий штурм здійснюють люди, не навчені спеціальних творчих прийомів, тим часом як синектику проводять групи, що працюють постійно. Такі групи, нагромаджуючи прийоми й досвід, функціонують, зрозуміло, успішніше від випадково зібраних колективів. Чисельність групи – 5-7 чол.

Послідовність розв'язання завдань синектичною групою



показано на рис. 2.2.

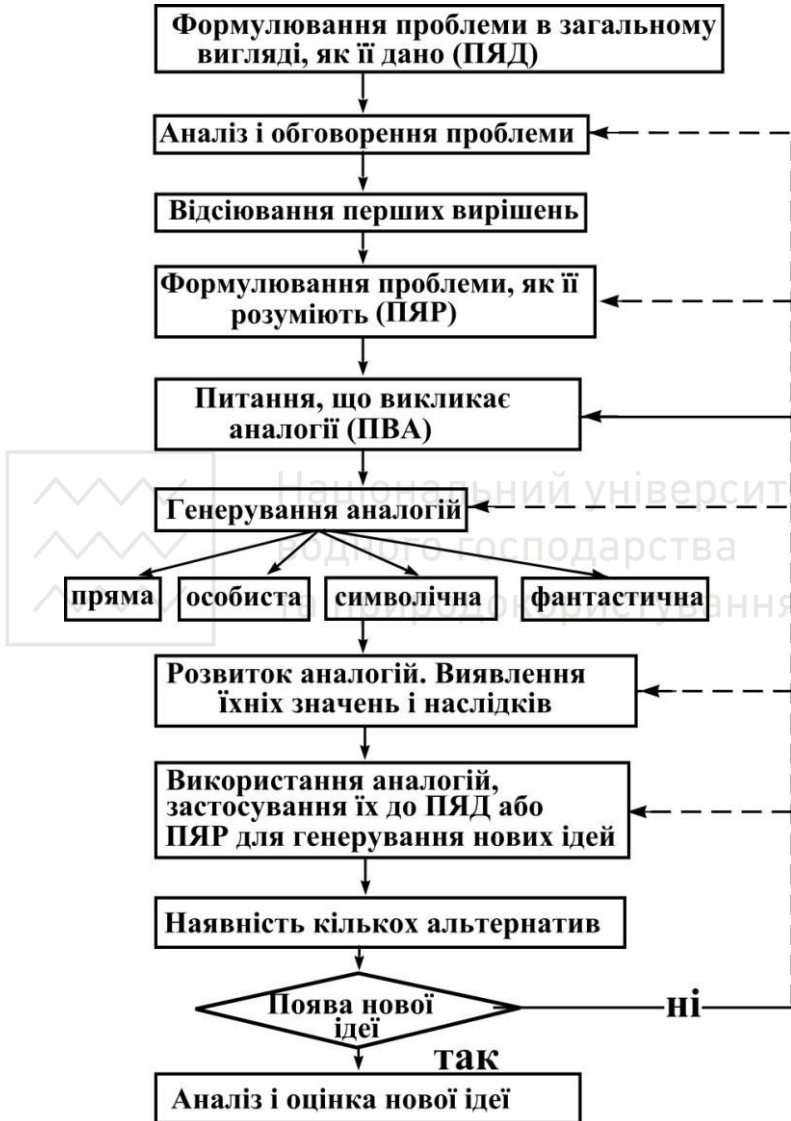


Рис. 2.2. Блок-схема методу синектики



Вирішення завдання розпочинається ознайомленням із „проблемою, як її дано“. Потім група, уточнюючи проблему, перетворює її на „проблему, як її розуміють“. Далі починається власне розв’язування, що ґрунтується на перетворенні звичного в незвичне і навпаки, тобто на систематичних спробах поглянути на завдання з нової точки зору й тим самим збити психологічну інерцію.

У синектиці для генерування ідей використовують чотири види аналогій.

Пряма аналогія – розглядуваний об’єкт порівнюють з більш чи менш аналогічним об’єктом з іншої галузі техніки або об’єктом із живої природи. Робиться спроба використати вирішення з інших галузей техніки або живої природи. Так, якщо ми хочемо вдосконалити процес фарбування меблів, то застосування прямої аналогії полягатиме в тому, щоб розглянути, як фарбуються мінерали, квіти, птахи тощо.

Особиста аналогія (емпатія) – ототожнення себе з технічним об’єктом. Людина, розв’язуючи завдання, вживається в образ удосконалюваного об’єкта, намагаючись з’ясувати почуття, відчуття, що виникають при цьому, тобто „відчуття“ завдання. Так, у попередньому прикладі можна уявити себе білою вороною, яка хоче якось пофарбуватися.

Символічна аналогія – узагальнена, абстрактна аналогія. Потрібно в парадоксальній формі коротко (буквально двома словами) сформулювати фразу, що відображає суть явища. Ця фраза обов’язково містить парадокс (суперечність), щось дивовижне, несподіване. Згодом застосування символічної аналогії було скорочене до прийому знаходження „назви книги“, який характеризує певне ключове поняття з тим, щоб воно обов’язково містило парадокс. Наприклад, „Без вини винні“, „Живий труп“, „Квіти зла“, „Гарячий сніг“, „Очевидне - неймовірне“ та ін. Такий прийом дає змогу здійснювати перехід у далекі від обговорюваної проблеми сфери людської діяльності: політику, мистецтво, релігію тощо.

При **фантастичній аналогії** до завдання вводять певні фантастичні предмети або істоти, які виконують те, що вимагається



за умовами завдання (шапка-невидимка, чоботи-скороходи тощо). При цьому доцільно ставити запитання: „Як зміниться проблема, коли перестане діяти тяжіння?“

Приклад. Трубопроводом рухається пульпа – вода з частинками руди. У місцях поворотів трубопровід зношується внаслідок ударів частинок залізної руди об внутрішні стінки труби. Як забезпечити захист трубопроводу від швидкого зношування?

Розв’язуючи це завдання методом синектики, слід розглянути, як вирішують таке саме завдання в інших галузях техніки (пряма аналогія), наприклад, як захищаються елементи конструкцій при гідротранспортуванні інших матеріалів, зокрема руд; до ланцюжка аналогій увійдуть схожі елементи в піско- і дробоструминних апаратах. Синектори проаналізують, як захищаються від ушкоджень рослини, зокрема дерева, як захищаються стравоходи риб та іншої фауни, що живляться „колючою“ їжею і т.д.

У процесі розв’язання завдання за особистою аналогією синектори уявляють себе на місці трубопроводу в подібній ситуації, тобто вони переконують себе, що стоять на повороті коридору, яким летять різні предмети, і при цьому змушені спрямовувати потік у потрібний бік. Вони намагаються уявити відчуття від ударів предметів, що летять, і виробити систему захисту від них. Найімовірніший спосіб захисту в даних умовах – спіймати перший предмет, що летить, і за його допомогою керувати польотом інших предметів. Це і є розв’язком завдання. Трубопровід, щоб не зношуватися, має робити те саме. Таку властивість йому неважко надати: досить у місцях поворотів трубопроводу із зовнішнього боку встановити магніти, й він покритється в цих місцях бронею – шаром частинок залізної руди.

Символічні аналоги для ключового слова „захист“ під час розв’язання завдання щодо захисту трубопроводу від зношування можуть бути такі: „жива броня“, „невидима кольчуга“, „беззмінна пелюшка“, „відростаючий панцир“. Остання аналогія підказує ТВ: подавати до місць поворотів трубопроводу охолоджуючий агент, що сприяє льодоутворенню і захисту трубопроводу від зношування.

Хід синектичного засідання обов’язково записують на магнітофон, запис потім ретельно вивчають з метою вдосконалення



До найбільших клієнтів фірми „Синектика“ належать „Дженерал Електрик“, ІВМ (обчислювальна техніка), „Ремінгтон“ (зброя), „Зінгер“ (швейні машини) та ін.

За допомогою методу синектики розв'язуються винахідницькі завдання 2-3-го творчих рівнів.

2.9. Морфологічний аналіз

Метод морфологічного аналізу стосовно техніки розробив і вперше запропонував у 1942 р. відомий швейцарський астроном Ф. Цвіккі [19]. Ще в 1939 р. він за допомогою цього методу зробив визначне відкриття – теоретично довів існування нейтронних зірок.

Суть морфологічного аналізу, що застосовують для розв'язання конструкторських завдань загального плану, полягає в систематичному дослідженні всіх варіантів вирішення, які випливають із морфології (будови) технічного об'єкта. Швейцарський астроном визначає сутність свого методу як виявлення спільності всіх вирішень даної проблеми. Морфологічний аналіз є яскравим прикладом системного підходу при розв'язанні технічних завдань.

Аналіз здійснюють у такій послідовності:

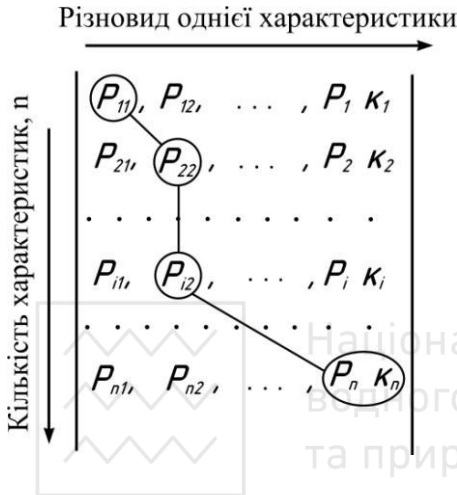
1. Конкретне формулювання завдання (проблеми).
 2. Виявлення морфологічних ознак, тобто всіх важливих характеристик об'єкта, його параметрів, від яких залежить розв'язання завдання й досягнення поставленої мети.
 3. Складання можливих варіантів (поєднань) виділених ознак у вигляді матриці.
 4. Аналіз одержаних варіантів.
 5. Вибір найраціональніших конкретних варіантів розв'язання.
- Уся сукупність параметрів об'єкта може бути подана у вигляді системи матриць, які Ф. Цвіккі назвав „морфологічною множиною“, або „морфологічним ящиком“ (рис. 2.3).

Якщо в кожному ряду матриці зафіксувати один-єдиний елемент, а потім послідовно з'єднати всі зафіксовані елементи, то одержаний ланцюжок елементів представляє собою один з можливих варіантів



розв'язання проблеми. Кількість можливих варіантів розв'язання $N=K_1K_2...K_i...K_n$.

На наступному етапі визначають, які з цих вирішень здійсненні реально. Потім, перш ніж буде зроблено вибір найкращого вирішення, аналізують всі здійсненні. Одним із наслідків цього



може бути те, що систематичне вивчення й аналіз усіх можливих комбінацій приведе до знаходження принципово нових, оригінальних вирішень проблеми. Після того, як відкинуто всі нездійсненні вирішення, оцінюють технічну ефективність тих, що залишилися, і вибирають найраціональніше з них.

На основі морфологічного аналізу в 1943 р. у результаті дослідження 576 варіантів Ф. Цвіккі розробив в американській фірмі „Аереджет

інжиніринг корпорейшн“ секретні реактивні літаки-снаряди. Наукові консультанти, побачивши ескізи цих ракет, заявили, що останні не будуть літати. Як відомо, історія дуже швидко спростувала ці твердження. Згодом, німецькі конструктори збрóї створили ракети-снаряди „ФАУ-1“ і „ФАУ-2“ з імпульсними двигунами.

Отже, основна перевага морфологічного аналізу – можливість одержання найнесподіваніших поєднань елементів (параметрів), які можуть бути пропущені при перебиранні варіантів методом „спроб і помилок“.

Недоліки методу: необхідність аналізу великої кількості варіантів; відсутність упевненості в тому, що в морфологічну матрицю включені всі характеристики та їхні різновиди.

Найефективніше застосовувати цей метод для розв'язування



конструкторських завдань загального плану (створення нових машин, пошук нових компоувальних вирішень).

2.10. Інші методи пошуку, що ґрунтуються на комбінаторному принципі

На комбінаторному підході ґрунтуються *методи „матриць відкриття“*, *десяткових матриць пошуку*, *семикратного пошуку й організуючих понять*.

Метод *„матриць відкриття“* [30] близький до морфологічного аналізу, але має свої особливості. У спрощеному вигляді його суть полягає в побудові таблиці, де перехрещуються два ряди характеристик. Якщо в морфологічному аналізі всі вибрані характеристики стосуються будови технічного об'єкта, то в цьому методі частина з них може стосуватися умов споживання, виробництва, експлуатації тощо (наприклад, матриця: потреби замовника - можливості підрядчика). Сам метод не дає закінчених ТВ, але дає можливість для вільних асоціацій.

Суть *методу десятикових матриць* пошуку також полягає в побудові таблиці з двома рядами характеристик, що перехрещуються, – по горизонталі 10 евристичних прийомів (*неологія, адаптація, мультиплікація, диференціація, інтеграція, інверсія, імпульсація, динамізація, аналогія, ідеалізація*), а по вертикалі – 10 основних показників ТС (*геометричні; фізико-механічні; енергетичні; конструкційно-технологічні; надійність і довговічність; експлуатаційні; економічні; ступінь стандартизації й уніфікації; зручності обслуговування й безпеки; художньо-конструкторські показники*). Застосування одного з прийомів до зміни одного з параметрів дає простір для нових асоціацій в пошуку нових ТВ.

Для перетворення основних показників використовують такі групи евристичних прийомів [36].

Неологія – принцип перенесення з однієї галузі техніки в іншу.

Адаптація – пристосування процесів, конструкцій, форм, матеріалів та їхніх властивостей до даних конкретних умов.

Мультиплікація (від латинського „множення“) – збільшення



характеристик технічних систем з одночасним зменшенням характеристик систем.

Диференціація – поділ, дроблення функцій та елементів технічної системи.

Інтеграція – об'єднання, суміщення функцій та елементів технічної системи.

Імпульсація – перервність процесів, що відбуваються.

Динамізація – оптимально-мінливі системи. Застосовуючи імпульсацію, ми відмовляємось від динамізації, і навпаки.

Інверсія – виконання навпаки, обертання, вивертання та ін.

Аналогія – схожість, подібність технічного вирішення. Поняття загальніше, ніж неологія.

Ідеалізація – наближення технічного об'єкта до ідеального.

Суть **методу семикратного пошуку** полягає в поділі всіх стадій та елементів процесу пошуку вирішення на 7 частин, що пов'язане із здатністю людського мозку сприймати й переробляти інформацію. Отже, стратегія пошуку охоплює: 1) аналіз проблемної ситуації й суспільних потреб; 2) аналіз функцій аналогів і прототипу; 3) постановку завдання; 4) генерування ідей і вибір евристичних засобів; 5) конкретизацію ідей; 6) оцінку варіантів і вибір оптимального; 7) спрощення, розвиток і реалізацію вирішення. Тактична частина включає численні прийоми, що застосовуються на різних стадіях процесу розв'язування, серед них прийом „сім ключових слів“ і таблиці, аналогічні десятковим матрицям пошуку, але розміром 7x7.

Метод організуючих понять, що розробив Ф. Ханзен (НДР) у 1953 р., передбачає п'ятиетапне вирішення конструкторського завдання, а саме:

- установлення організуючих понять і визначення їхніх відмінних ознак (під першими розуміють конструктивні, морфологічні ознаки ТС);

- класифікацію організуючих понять за ступенем їхньої важливості;

- проведення наочних зіставлень організуючих понять з їхніми відмінними ознаками й розробки на цій основі керівного матеріалу для всіх можливих вирішень, що відповідають вибраним



обмеженням;

- оцінку ознак стосовно відповідності їх спеціальним вимогам завдання;
- комбінацію ознак різних організуючих понять вирішення.

2.11. Функціонально-вартісний аналіз (ФВА)

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) [32] – в основному метод раціоналізації, тобто вдосконалення конструкцій і процесів з метою зниження їхньої вартості й затрат переважно без зміни основних принципів, покладених в основу технічного об'єкта. ФВА ґрунтується на тому, що затрати, пов'язані із створенням і використанням будь-якого об'єкта, який виконує задані функції, складаються із затрат, необхідних для його виготовлення й експлуатації, а також додаткових, функціонально невиправданих, надмірних затрат, що виникають через уведення непотрібних функцій, які не мають прямого стосунку до призначення об'єкта, або пов'язані з недосконалістю конструкції, технологічних процесів, використовуваних матеріалів, методів організації виробництва, праці тощо. Застосування ФВА для вдосконалення відомих виробів дає змогу знизити їхню вартість на 5-20 %. ФВА застосовують переважно постійні дослідницькі групи, що функціонують тривалий час, до їхнього складу входять 3-6 чоловік, серед яких обов'язково є конструктори, технологи й економісти.

ФВА охоплює 7 етапів:

підготовчий (планування й підготовка дослідження, визначення цілей роботи, підготовка робочого плану та ін.);

інформаційний (збирання інформації про конструкцію, технологію, калькуляційні розрахунки тощо, одержання найрізноманітніших документів і відомостей, що стосуються об'єкта дослідження);

аналітичний (розрахунок, аналіз фактичних затрат, дослідження функції кожного елемента й затрат на нього, виявлення непотрібної, функції);

творчий (пошук можливих альтернативних варіантів удосконалення об'єкта);



дослідницький (оцінка варіантів з погляду затрат і якості, а також попередній відбір варіантів);

рекомендаційний (вибір оптимального варіанта);

впровадження і контроль результатів.

Центральне питання ФВА – зіставлення альтернатив у вартісному вираженні, з метою вибрати оптимальний варіант, що підлягає здійсненню. Метод ФВА найповніше розроблено й викладено в спеціальній літературі [32].

2.12. Теорія вирішення винахідницьких завдань (ТВВЗ)

У СРСР було створено принципово нову технологію вирішення винахідницьких завдань – ТВВЗ. Розробляти ТВВЗ почав радянський інженер Г.С. Альтшуллер у 1946 р. Перша публікація щодо ТВВЗ припадає на 1956 р. Результати першого етапу розробки ТВВЗ узагальнено в [1]. Основи сучасної ТВВЗ викладено в книжках [1; 2] і журналі „Техніка і наука“ (1979-1983 рр.).

Основна ідея ТВВЗ: ТС виникають і розвиваються за певними діалектичними законами, які можна пізнати й використовувати для свідомого розв’язування нових винахідницьких завдань. Діалектичні закони розвитку ТС – основа ТВВЗ. Вони виявлені через аналіз великих масивів патентної інформації.

Основний робочий інструмент у ТВВЗ – алгоритм вирішення винахідницьких завдань (АВВЗ) і система стандартів (правил). АВВЗ – евристична програма вирішення винахідницьких завдань як комплекс послідовно цілеспрямованих дій щодо виявлення й усунення технічних і фізичних суперечностей.

Для розв’язування завдань за АВВЗ ТВВЗ має: прийоми для подолання психологічних бар’єрів (див. розд. 2.1) і виявлення технічних та фізичних суперечностей (див. розд. 3.1.2); власний метод аналізу й запису перетворень ТС – репольний аналіз; інформаційний фонд (покажчики застосування фізичних, хімічних і геометричних ефектів; банк типових прийомів усунення технічних і фізичних суперечностей).

Стратегія вирішення винахідницького завдання за АВВЗ (рис. 2.4) полягає в наступному. Формулюють вихідне завдання



(ЗВ) у загальному вигляді. Опрацьовують і уточнюють його, враховуючи дію вектора психологічної інерції (ВІ) й технічні вирішення в даній та інших галузях. Викладають умови завдання, що складаються з переліку елементів ТС і небажаного ефекту, спричинюваного одним з елементів (завдання опрацьоване (ЗО)). Потім формулюють ідеально-кінцевий результат (ІКР), виявляють суперечності реальної ТС і усувають їх за допомогою типових прийомів.

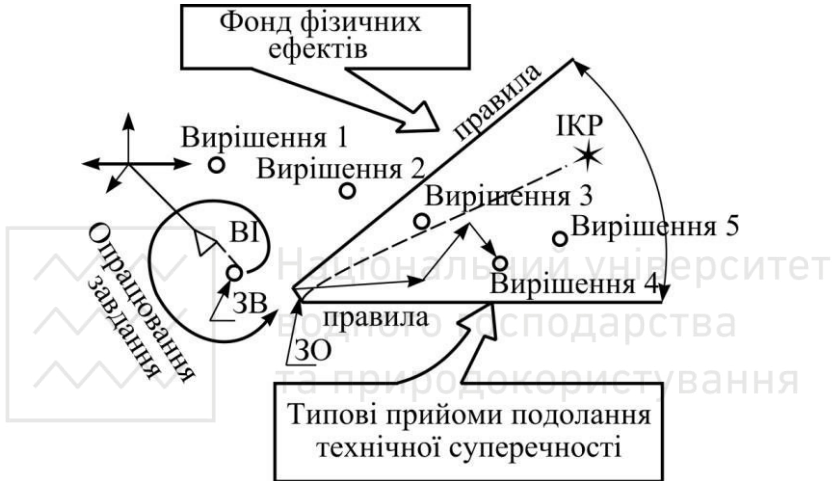


Рис. 2.4. Стратегічна схема вирішення винахідницького завдання за АВВЗ

(ЗВ – завдання вихідне; ВІ – вектор психологічної інерції;
ЗО – завдання опрацьоване; ІКР – ідеально-кінцевий результат)

Пошук ідеї в будь-якому винахідницькому завданні згідно з АВВЗ має починатися побудовою моделі завдання (рис. 2.5). Модель завдання – гранично спрощена і очищена від спеціальної термінології ТС, що складається тільки з тих елементів, конфлікт між якими створює технічну суперечність (ТСуп). Іншими словами, модель – схема „хворого місця“ системи. Для побудови моделі завдання використовують терміни репольного аналізу: „речовина“, „поле“, „дія“ (з конкретизацією яка).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

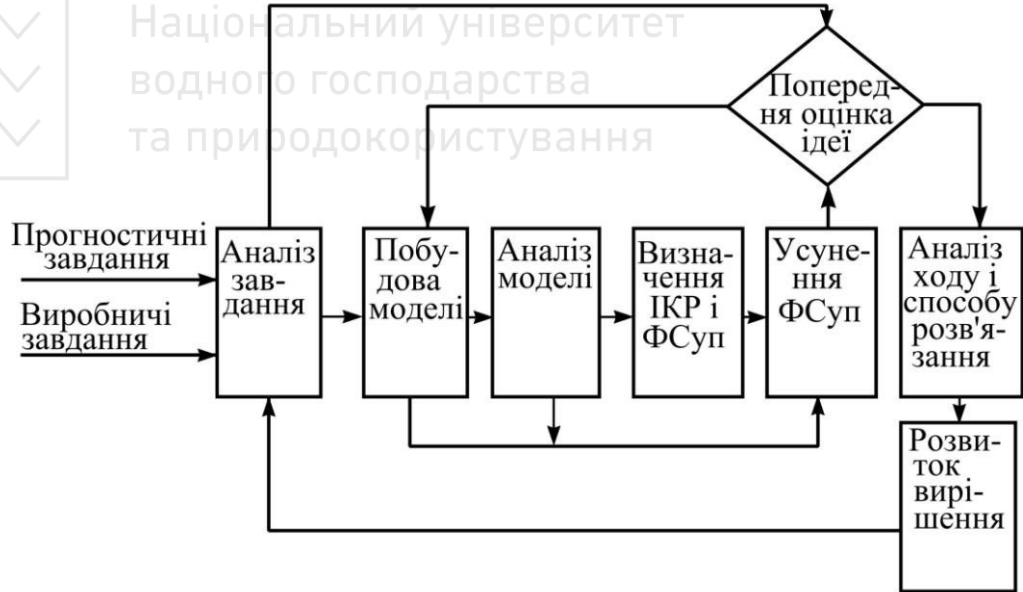


Рис. 2.5. Укрупнена блок-схема АBB3



Приклад.

При виготовленні попередньо напруженого залізобетону дротяну арматуру розтягують електротермічним способом. Але при нагріванні до розрахункової температури (700 °С) арматура втрачає свої механічні якості. Як усунути цей недолік?

Модель завдання. Дано: теплове поле і металевий дріт. Якщо нагріти дріт до 700 °С, він дістане потрібне подовження, але втратить міцність. У моделі завдання усунуто спеціальну термінологію („електротермічний спосіб“, „арматура“), забрано всі зайві елементи системи (залізобетон). Залишено тільки ті елементи, які необхідні й достатні, щоб сформулювати ТСуп.

При переході від завдання до його моделі різко звужується свобода вибору (тобто перебирання пустих спроб) і наростає несподіваність у постановці завдання, що, в результаті, виводить у парадоксальну область сильних вирішень.

Правила побудови моделі:

1. У конфліктуючу пару елементів обов'язково має входити виріб.
2. Другим елементом пари має бути елемент, з яким безпосередньо взаємодіє виріб (інструмент або другий виріб).
3. Якщо один елемент (інструмент) за умовами завдання може мати два стани, треба обрати той стан, який забезпечує найкраще здійснення основного виробничого процесу (основної функції ТС).
4. Якщо в завданні є пари однорідних взаємодіючих елементів (A1, A2, ..., B1, B2), досить взяти одну пару (наприклад, A1 і B1).

2.13. Узагальнений евристичний алгоритм.

Метод систематичної евристики

Подальшим розвитком АВВЗ є узагальнений алгоритм пошуку НТВ О.І. Половінкіна [30], у результаті якого з'явилася перспектива розв'язання конструкторсько-винахідницьких завдань за допомогою ЕОМ. Узагальнений алгоритм складається із 17 послідовних етапів, кожен з яких складається з низки пошукових процедур, що їх проводять з використанням 8 інформаційних масивів (табл. 2.3 і 2.4).

Метод систематичної евристики [4, 30] призначений для раціональної організації праці інженерів, конструкторів і наукових працівників. Систематична евристика містить комплекс програм, створених на основі системного підходу й евристичного програмування, що дають змогу використовувати їх при конструюванні, проектуванні, у навчальному процесі тощо.

Евристична програма – це приписи, подані у вигляді низки послідовних вказівок для розробника, завдяки яким він раціональним шляхом дістає необхідну й достатню інформацію і переробляє її.

Система евристичних програм має ієрархічну структуру, що містить головну програму, укрупнені робочі програми, підпрограми, а також нагромаджувач програм. Систематична евристика охоплює бібліотеку програм, що містить стовпці, у комірках яких розміщені програми для розв’язування завдань певного класу. Систематична евристика – універсальна методика, орієнтована на розв’язування широкого кола завдань у галузі науки, техніки й управління. Вказівки, що містяться в програмах, мають здебільшого дуже загальний характер. Однак складання відповідних нагромаджувачів і підпрограм стосовно вужчого класу завдань, дає змогу підвищити ефективність методу.

Таблиця 2.3

Масиви інформації узагальненого алгоритму пошуку нових ТВ

Позначення масиву	Назва масиву
М-1	Список вимог, що ставляться до ТВ
М-2	Список методів виявлення недоліків ТВ
М-3	Фонд фізичних ефектів і явищ
М-4	Фонд технічних вирішень
М-5	Список методів виявлення причин недоліків ТВ
М-6	Фонд евристичних прийомів
М-7	Список пошукових процедур
М-8	Список методів оцінки й вибору варіантів ТВ



Етапи узагальненого алгоритму пошуку нових ТВ із зазначенням
використовуваних масивів інформації (М)

Позначення етапу	Назва етапу	Використовуваний масив інформації
1	2	3
Е-1	Визначення суспільної потреби	М-1, М-2
Е-2	Визначення мети розв'язування завдання	-
Е-3	Попереднє вивчення завдання	М-3, М-4
Е-4	Збирання й аналіз інформації про завдання	М-4
Е-5	Дослідження завдання	-
Е-6	Вибір параметрів об'єкта і обмежень, що ставляться до нього	М-1
Е-7	Уточнення формулювання завдання	
Е-8	Формулювання кінцевого результату	
Е-9	Виявлення ТСуп і ФСуп у ТС	М-5
Е-10	Вибір пошукових процедур і евристичних прийомів	М-6, М-7
Е-11	Пошук ідей розв'язування завдання	
Е-12	Аналіз і пропрацювання ідей розв'язування завдання	М-3, М-4
Е-13	Вибір раціональних варіантів ТВ	
Е-14	Вибір найраціональнішого варіанта ТВ	М-8
Е-15	Розвиток і спрощення ТВ	М-6



1	2	3
E-16	Аналіз техніко-економічної ефективності знайденого ТВ	M-4
E-17	Узагальнення результатів розв'язування завдання	

2.14. Основні етапи й поняття раціонального творчого процесу

Практика вирішення винахідницьких завдань показує: людина, добре засвоївши основні існуючі методи пошуку нових ТВ (або ознайомившись із ними) і маючи певний винахідницький досвід, користується не всіма прийомами й процедурами, запропонованими відомими методиками (найефективнішою з яких показав себе АВВЗ). Це здебільшого лише їхні окремі розділи (блоки), розміщені в певній послідовності (яка може змінюватися залежно від типу проблемної ситуації). Тобто людина відпрацьовує свій власний скорочений (укрупнений) варіант „алгоритму“ (що визначає, зокрема, її творчий почерк).

Водночас мислені дослідження, які винахідник проводить, розв'язуючи завдання, мають низку спільних етапів, рис і використовуваних понять, що дає змогу зобразити процес розв'язування технічного завдання у вигляді загальної схеми (рис. 2.6) [36]. Ураховуючи діалектичний шлях наукового пізнання, що рухається в межах категорій „одиничне“, „особливе“, „загальне“, схему можна зобразити в системі двох координат: узагальнення - конкретизація завдання і узагальнення - конкретизація сутності об'єкта. Це дає можливість графічно проілюструвати рух дослідницької думки в напрямі конкретизації проблемної ситуації, розчленуванні системи на елементи (виділенні структури) при аналізі завдання; узагальненні понять і залученні аналогій при пошуку ідеї розв'язання; конкретизації ідеї та об'єднанні елементів у систему при синтезі нового технічного вирішення.

Розв'язування винахідницького завдання починається з виникнення проблемної (винахідницької) ситуації, з виявлення



будь-якого недоліку, властивого технічній системі, котрий визначається як невідповідність технічних можливостей системи суспільним (технічним) потребам. Виявлення недоліку H_n – перший крок до його усунення на шляху розв’язання винахідницького завдання. Усунення недоліку H_n – наше вихідне завдання Z_0 (виявлений недолік H_n поміщено в центр на рис. 2.6). У подальшому процес розв’язування завдання перебігає в такій послідовності.

1. *Оцінка доцільності розв’язування завдання.*

Як правило, винахідник ставить собі питання про те, якою є очікувана ефективність вирішення, чи варто братися за розв’язування завдання взагалі; розглядає (конкретизує) технічну, техніко-економічну, економічну, соціальну та іншу ефективність можливого вирішення.

2. *Аналіз надсистеми та обхідних завдань Z_1, Z_2, Z_3 .* На цьому етапі відбувається узагальнення умов завдання.

3. *Аналіз технічної системи, що має недолік, і побудова логічного ланцюга причинно-наслідкових зв’язків недоліків H_i з їхніми причинами P_i .*

Причина P_n недоліку H_n може розглядатися як наступний недолік H_{n+1} , що має наступну причину P_{i+1} і т.д. При цьому відбувається конкретизація завдання. Може бути сформульовано безліч завдань, кожне з яких характеризується своїм недоліком H_i , але всі вони пов’язані з виявленим спочатку недоліком H_n і є одним з його причин. На цьому етапі, з урахуванням попереднього аналізу, обирається завдання, яке розв’язуватимуть.

4. *Побудова моделі технічного об’єкта, пов’язаного з вибраним завданням.*

При цьому досліджують технічний об’єкт, розглядаючи його як технічну систему (підсистему) взаємопов’язаних елементів E_1, E_2, \dots, E_i . Кожний з елементів може бути оцінений так само, як система, що складається із взаємопов’язаних частин.

Потрібно перерахувати всі найнеобхідніші елементи, без яких система не може виконати основних функцій (при цьому можуть відсіятися зайві елементи). Із цих елементів потрібно виділити ті, що пов’язані безпосередньо з недоліком H_i , усунення якого вибрано як розв’язуване завдання.

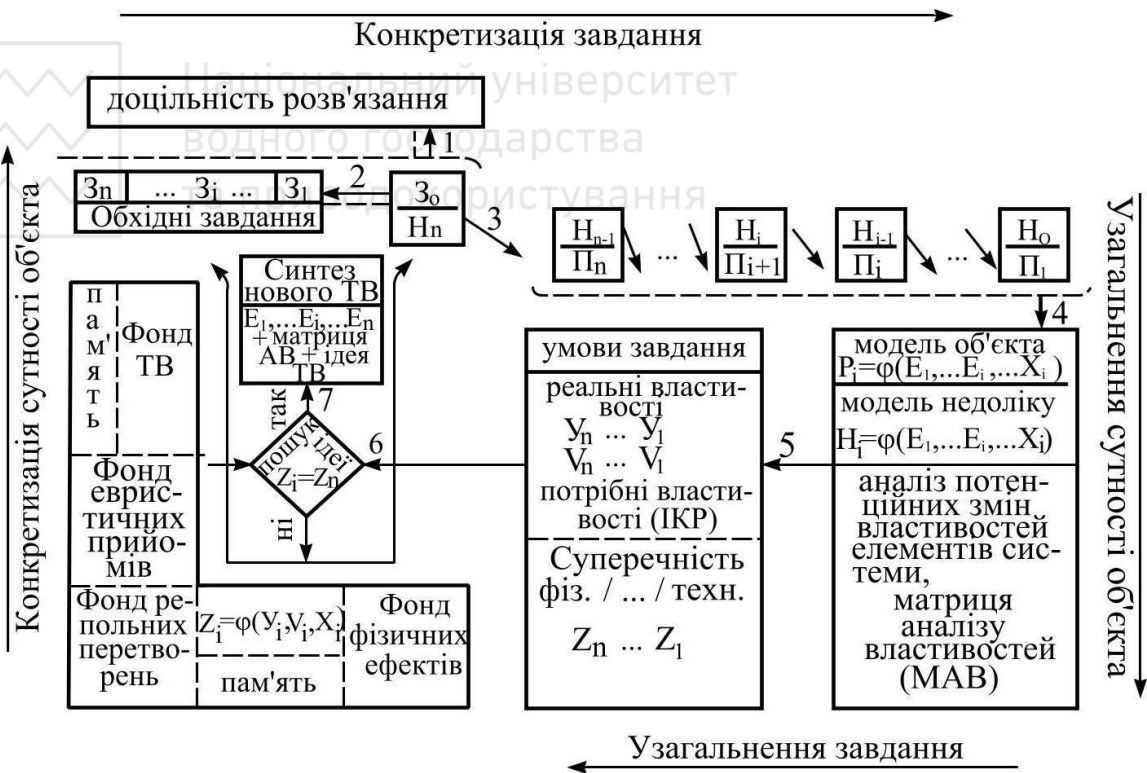


Рис. 2.6. Схема раціонального розв'язання винахідницького завдання



Побудова моделі об'єкта передбачає здебільшого залучення певного обсягу спеціальних знань, вивчення залежності основних параметрів об'єкта від найрізноманітніших чинників, вивчення залежності недоліку (кількісного показника, що характеризує недолік) від різних чинників. Якщо будь-яка інформація про об'єкт відсутня, виникає необхідність вивчати літературні джерела, проводити теоретичні й експериментальні дослідження. Виконують також параметричний, морфологічний, структурно-функціональний та інші описи системи.

При побудові моделі можна користуватися прийомами програмних методів і репольного аналізу. На цьому ж етапі доцільно застосувати метод аналізу потенційних змін властивостей елементів системи.

Метод аналізу потенційних змін властивостей елементів системи (МАС) ґрунтується на такому підході. Усі матеріальні об'єкти, елементи системи розглядаються як сукупність різних властивостей, кожна з яких набула для даного конкретного об'єкта певного конкретного значення. Сукупність властивостей, що характеризує матеріальні об'єкти, для всіх об'єктів однакова (основа, на якій з'ясовується спільність різних речей і явищ) і визначена обсягом наших знань про матеріальний світ. Матеріальні об'єкти один від одного відрізняються значеннями тієї чи іншої властивості, показника і т.д. Завдання полягає в аналізі кожної властивості елемента, що входить у дану ТС, визначенні можливості її зміни.

У найпростішій формі метод базується на складанні матриці потенційних змін властивостей елементів системи. Вона представляє собою таблицю, де по горизонталі розміщені елементи ТС, а по вертикалі – список властивостей, за допомогою яких можна охарактеризувати будь-яку ТС (табл. 2.5). У комірках матриці за допомогою кодівих позначень записані можливі зміни значень тієї чи іншої властивості елемента.

5. Формулювання умови завдання.

Це один з найвідповідальніших етапів у вирішенні завдання, бо від того, як будуть сформульовані його умови, істотно залежить успіх розв'язання. Часто оригінальні вирішення виникають саме



Таблиця 2.5

Матриця аналізу властивостей ТС

Властивості елементів	Елемент технічної системи			
	E_1	E_2	$\dots E_i \dots$	E_n
1	2	3	4	5
Геометричні:				
розмір, форма, кількість частин	-	+	0	+
Кінематичні:				
швидкість, прискорення, кількість ступенів вільності	+	-	+	0
Динамічні:				
енергія, сила, маса, густина, момент інерції і т.д.	0	-	0	+
Пружні й пластичні:				
$E, \sigma_m, \sigma_\epsilon$	0	0	0	-
Електромагнітні:				
магнітна проникність, напруженість магнітного поля, діелектрична проникність, I, U, R, ν , термоелектричні властивості	0	+	+	+
Теплофізичні:				
$T, ^\circ C, dT/dY$, теплопровідність, теплоємність, теплове розширення і т.д.	0	+	0	0

Примітки: „+“ – можна значно змінювати значення властивості; „0“ – можна незначно змінювати значення властивості; „-“ – їх не можна змінювати взагалі.



Умови винахідницького завдання сформульовані, якщо зазначені реальна технічна система та її недолік, ідеальний кінцевий результат (ІКР), виявлена суперечність між ними. При цьому бажано користуватися формулами для опису системи, ІКР і суперечності, пропонованими програмними методами.

6. Пошук ідеї розв'язування.

На цьому етапі порівнюють умови завдання з більш чи менш віддаленими аналогами (на різних рівнях узагальнення), що їх зберігає наша пам'ять (мозок, книжки, таблиці та інші джерела інформації); шукають фізичні принципи розв'язування за допомогою фонду фізичних ефектів і явищ; зіставляють умови завдання з умовами інших уже розв'язаних завдань, що знаходяться у фонді технічних вирішень; пробують перетворити технічну систему й подолати технічні суперечності за допомогою типових прийомів, які становлять фонд евристичних прийомів; будують модель завдання у репольній формі і перетворюють її.

7. Синтез нового технічного вирішення.

На цьому етапі конкретизують ідею розв'язання, синтезуючи її матеріальний носій – технічний об'єкт.

Запитання для самоконтролю

1. Які якості особистості сприяють творчому процесу?
2. Що таке психологічна інерція?
3. Форми психологічної інерції.
4. Оператор РЧВ.
5. Що таке „Р-групи“?
6. Принципи, які слід дотримуватись у творчих колективах.
7. Як встановлюється пріоритет винаходу? Кого вважають автором винаходу?
8. Що таке евристика?
9. Класифікація методів пошуку нових технічних вирішень.
10. Суть методу контрольних запитань.
11. Суть методу фокальних об'єктів.
12. Послідовність застосування методу фокальних об'єктів.
13. Суть методу мозкового штурму.



14. Назвіть основні правила проведення мозкового штурму.
15. Яка філософсько-психологічна концепція методу мозкового штурму?
16. Які відомі різновидності методу мозкового штурму?
17. Суть методу синектики.
18. Які аналогії використовуються в методі синектики для генерування ідей?
19. Дайте характеристику аналогій, які використовують у синектиці.
20. Суть методу морфологічного аналізу.
21. Послідовність застосування методу морфологічного аналізу для вирішення задач.
22. Суть методу „матриць відкриття“.
23. Суть методу десяткових матриць.
24. Які групи евристичних прийомів використовуються в цьому методі?
25. Суть методу семикратного пошуку.
26. Суть методу організуючих понять.
27. Суть методу функціонально-вартісного аналізу.
28. Етапи функціонально-вартісного аналізу.
29. Яка основна ідея теорії вирішення винахідницьких завдань?
30. Що таке алгоритм вирішення винахідницьких завдань?
31. Стратегія вирішення винахідницького завдання за алгоритмом вирішення винахідницьких завдань.
32. Суть узагальненого алгоритму пошуку НТВ О. І. Половінкіна.
33. Суть методу систематичної евристики.
34. Опишіть схему раціонального вирішення винахідницького завдання.



3. ДІАЛЕКТИКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ. ЗАКони РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

3.1. Діалектика технічних систем

3.1.1. Розвиток технічних систем (ТС), як і будь-яких інших систем, підлягає загальним законам матеріалістичної діалектики – науки про загальний зв'язок і розвиток [33]. Матеріалістична діалектика і системний підхід – методологічна основа технічної творчості.

Концепція цілісності – основний принцип системного підходу ґрунтується на неможливості звести складне до простого, цілого до частини, що пов'язано з наявністю в цілісного об'єкта таких властивостей і якостей, які не притаманні його частинам. Ядро матеріалістичної діалектики – вчення про єдність і боротьбу протилежностей, що розкриває джерела й рушійні сили всякого розвитку, основу якого становить суперечність.

3.1.2. У техніці розрізняють *адміністративні, технічні, фізичні* (зовнішні, внутрішні, головні, другорядні) *суперечності* [2, 8].

Адміністративною суперечністю (АСуп) називають суперечність, при якій відомо, що треба зробити, але не відомо, як це зробити. Виявляти АСуп немає потреби, вони лежать на поверхні явищ. Та евристична, „підказувальна“ сила таких суперечностей дорівнює нулеві; вони не говорять, у якому напрямі треба шукати вирішення.

Технічна суперечність (ТСуп) полягає в тому, що при поліпшенні відомими способами однієї частини (або одного параметра) ТС неприпустимо погіршується друга частина (або інший параметр). ТСуп, як правило, зазначається в умові завдання. Правильно сформульована ТСуп має певну евристичну цінність, хоч не дає конкретної відповіді. Вона дає змогу відкинути безліч „пустих“ варіантів (явно не придатні варіанти, у яких виграш в одній властивості супроводиться програшем в іншій).

Фізичною суперечністю (ФСуп) називають суперечність, при якій до однієї й тієї самої частини системи ставлять взаємно протилежні вимоги. У ФСуп зіткнення конфліктуючих вимог



гранично загострене. Тому на перший погляд здається, що ФСуп неможливо розв'язати, проте саме в доведенні суперечності до крайності виявляється евристична сила ФСуп.

Приклад. Під час влаштування кротового дренажу поверхні кротовин утворюються шляхом ущільнення ґрунту дреномером, що спричинює зниження фільтраційної й водоприймальної здатностей кротового дренажу. Запропоновано дреномери з різними розпушувальними пристроями ґрунту поверхні кротовини, але розпушування поверхні кротового дренажу різко знижують термін його служби. Необхідно виявити суперечності.

АСуп у цьому разі – властивість поверхонь кротовин ущільнюватися дреномером. ТСуп полягає в конфлікті між довговічністю кротового дренажу і його фільтраційною та водоприймальною здатностями. Пухкі поверхні кротового дренажу мають добрі фільтраційну та водоприймальну здатності, але, звичайно, такий дренаж недовговічний. Кротовини зі щільними поверхнями, навпаки, довговічніші, проте погано пропускають воду. Отже, поверхні кротовин мають бути щільні (щоб збільшити термін служби кротового дренажу) і пухкі (щоб підвищити фільтраційну й водоприймальну здатності кротовин), це і є ФСуп: до однієї і тієї самої частини системи ставлять взаємно протилежні вимоги.

Завдання є винахідницьким тільки в тому разі, коли для його вирішення потрібно подолати суперечність. При пошуку нових технічних вирішень завдання полягає не просто у виявленні й усуненні суперечностей, а в розкритті особливостей прояву їх у технічному прогресі, з'ясуванні конкретного механізму дії ТСуп як внутрішніх імпульсів розвитку техніки. Результатом розв'язання ТСуп є створення нового технічного об'єкту (системи) - винаходу.

Крім винахідницьких завдань розрізняють *технічні* (виготовити типову конструкцію за готовими кресленнями та розрахунками), *інженерні* (розрахувати деталь, вузол, користуючись готовими формулами), *конструкторські* (спроєктувати зручний і дешевий автобус, знайшовши компроміс між „зручно“ і „дешево“) завдання, для розв'язання яких не доводиться долати суперечності.

Для виявлення суперечностей реальної ТС застосовують



ідеально-кінцевий результат.

3.1.3. Ідеально-кінцевий результат (ІКР) – це така ТС, якої не існує, але основні функції якої виконуються. Є дві умови пошуку ІКР: а) не слід загадувати, можливо чи неможливо досягти ідеального результату; б) не треба заздалегідь передбачувати, як і якими шляхами буде досягнуто ІКР. Найкращий спосіб визначення ІКР полягає в тому, щоб просто перевести питання, яке містить завдання, у стверджувальну форму. У формулюванні ІКР має бути слово „сам“, „сама“, „само“. ІКР можна побудувати за такою схемою: 1) один з елементів конфліктуючої пари сам усуває шкідливу (непотрібну, зайву) дію, зберігаючи здатність здійснювати основну дію; 2) потрібний ефект досягається „даром“, без використання будь-яких яких засобів, наприклад, за рахунок зовнішнього середовища (зовнішнє середовище – це такий елемент, властивості якого можна змінювати необмежено). Після знаходження ідеї розв’язання завдання використані властивості зовнішнього середовища можуть бути закріплені за елементами ТС. Суперечності виявляють порівнянням реальних ТС і ІКР, при цьому ІКР править за орієнтир, „маяк“, до якого має прагнути винахідник.

Приклад. Дано теплове поле і металевий дріт. Якщо нагрівати дріт до температури 70 °С, він дістане необхідне подовження, але втратить міцність. У цьому разі ІКР можна записати так: теплове поле саме запобігає псуванню дроту, забезпечуючи, однак, потрібне теплове подовження.

„Ідеальна машина“ на практиці - це така машина, маса, об’єм і площа якої гранично збігаються з масою, об’ємом і площею об’єкта, з яким вона взаємодіє, причому всі частини машини виконують корисну роботу в міру своїх розрахункових можливостей. Ідеальність машини може бути забезпечена тим, що її функцію за сумісництвом виконує інша машина, тобто її універсальністю [1].

Приклад. Існуючі двоконсольні дощувальні машини мають низьку продуктивність. А якщо спробувати досягти потрібної продуктивності, збільшуючи ширину захоплення крил машин, то пропорційно кубу довжини крил зростає їхня металомісткість (ТСуп). Оскільки для поливу потрібна тільки вода, ідеальний дощувальник – це поливна труба, що сама пересувалася б над



водного господарства та природокористування

полем. Цим шляхом пішли винахідники Німеччини: вони запропонували машину „Фрегат“ (патент ФРН № 1068940).

Ідеальні бульдозер, скрепер, одноківшевий екскаватор – це такі машини, маса, об’єм і площа яких гранично збігаються відповідно з масою, об’ємом, площею призми волочіння й місткістю ковша. Щоб усунути суперечності, потрібно знати закони розвитку ТС.

3.2. Закони розвитку технічних систем

Закони розвитку ТС сформулював Г.С. Альтшуллер [1, 2].

Статичні закони, що забезпечують життєздатність ТС:

- повноти частин системи;
- енергетичної провідності системи;
- узгодження ритміки частин системи.

Кінематичні закони, що визначають розвиток ТС незалежно від конкретних технічних і фізичних чинників, які забезпечують цей розвиток:

- етапності розвитку ТС і перехід в надсистему;
- витискання людини із ТС;
- нерівномірності розвитку частин системи;
- збільшення ступеня ідеальності системи;
- розгортання - згортання ТС.

Динамічні закони, що відображають основні тенденції розвитку ТС під дією конкретних технічних і фізичних чинників:

- збільшення ступеня динамічності та керованості ТС;
- переходу з макрорівня на мікрорівень;
- узгодження - розузгодження ТС.

Закон повноти частин системи. Необхідні умови принципової життєздатності ТС – наявність і мінімальна працездатність основних частин системи (двигуна, трансмісії, робочого органа й системи керування).

Висновок з закону. Щоб ТС була керованою, необхідно, щоб хоч одна частина її була керованою.

Приклад. Є спосіб групового запаювання ампул. 25 ампул, заповнених ліками, установлюють вертикально в гніздах металевого тримача (п’ять рядів по п’ять ампул), зверху до них підводять



груповий пальник (п'ять рядів по п'ять пальників). У результаті над кожною ампулою є пальник, і вогонь запаює капіляри ампул. Спосіб має ваду – полум'я погано регулюється: воно то дуже велике, то дуже маленьке. Деякі ампули перегріваються (від перегрівання псується ліки), деякі – не запаюються.

Отже, ця система з двох некерованих частин: ампули (їхні характеристики не можна – не вигідно – змінювати) і пальники (погано керовані за умовами завдання). Зрозуміло, що розв'язання завдання полягатиме у введенні в систему ще однієї частини, скажімо, рідини – води (репольний аналіз відразу підказує: це речовина, а не поле).

Поставимо ампули у воду так, щоб над водою підіймалися тільки кінці капілярів (а.с. СРСР № 26419). Система набуває керованості: можна змінювати рівень води – це забезпечить зміну межі між гарячою і холодною зонами; можна змінювати температуру води – це гарантує стійкість системи в процесі роботи.

Закон енергетичної провідності системи. *Неодмінною умовою принципової життєздатності ТС є наскрізне проходження енергії через всі частини системи.*

Висновок з закону. Щоб частина ТС була керованою, потрібно забезпечити енергопровідність між цією частиною і органами керування.

Приклад. Відомо, що тривалий час комбіновані системи охолодження (повітряно-водяні) двигунів внутрішнього згорання були некерованими. Вентилятор охолоджував двигун як при мінусових, так і при плюсових температурах зовнішнього повітря. Це спричиняло переохолодження двигуна при мінусових температурах. З уведенням в оболонку двигуна датчика-терморегулятора, система охолодження стала керованою. При збільшенні температури двигуна до значень, що перевищують необхідні, датчик-терморегулятор автоматично вмикав вентилятор, і навпаки.

Закон узгодження ритміки частин системи. *Неодмінна умова принципової життєздатності ТС – узгодження ритміки (частоти коливань) усіх частин системи.*

Приклад. „Спосіб різання ґрунту активними робочими органами,



що включає силову дію на ґрунт активним робочим органом з наступним шаровим відокремленням і транспортуванням стружки ґрунту та дії на ґрунт силовим агрегатом базової машини, який відрізняється тим, що, з метою зниження енергоємності процесу різання, силова дія активного робочого органу на ґрунт здійснюється із частотою, що дорівнює частоті дії на ґрунтовий масив силового агрегат базової машини“ (а.с. СРСР № 1170069).

Закон етапності розвитку ТС і переходу в надсистему. Вичерпавши можливість розвитку, система включається в надсистему як одна з її частин; при цьому подальший розвиток іде на рівні надсистеми. Цей прийом використовується надсистемою з тим, щоб подолати гальмівну дію системи і блокуючий вплив інерції інтересів виробників.

Приклад. У турбогвинтовий літак (надсистема) включені найкращі якості гвинтового літака (система), а в гвинтовий – найкращі якості планера (підсистема).

Основні якості чорно-білого телебачення як підсистеми включені в кольорове телебачення як системи, а найкращі якості кольорового телебачення будуть включені в голографічне телебачення як надсистеми.

„Життя“ ТС можна зобразити у вигляді S-подібної логістичної кривої (рис. 3.1), що показує, як змінюються в часі основні характеристики системи (потужність, продуктивність, швидкість, кількість систем тощо).

У дитинстві (ділянка 1) ТС розвиваються повільно. Потім настає пора „змушніння“ й „зрілості“ (ділянка 2) – ТС швидко вдосконалюється, починається її масове застосування. З якогось моменту часу (точка β) темпи розвитку починають спадати (ділянка 3) – настає „старість“. Далі (після точки γ) можливі два варіанти: ТС А або деградує, замінюючись принципово іншою системою Б, або на тривалий час зберігає досягнуті показники, як, скажімо, велосипед (ділянка 4).

Теоретичні „лінії життя“ ТС відрізняються від реальних. Реальні „лінії життя“ більш розтягнуті по осях, ніж теоретичні, тобто реальні системи більш „живучі“ й досконалі. Живучість реальних ТС зумовлена інерцією інтересів виробників – фінансових,

наукових, кар'єристських і суто людських (боязнь нового). Інерція інтересів виявляється сильнішою від економічних чинників, незважаючи на те, що система лишається економічно вигідною за рахунок руйнування, забруднення й хижацької експлуатації зовнішнього середовища, як, скажімо, бензиновий двигун внутрішнього згоряння. „Сьогодні мені це вигідно, а все інше мене не цікавить“ – ця формула й забезпечує живучість систем, що шкодять зовнішньому середовищу. На рис. 3.2 подано характерні життєві криві ТС [1].

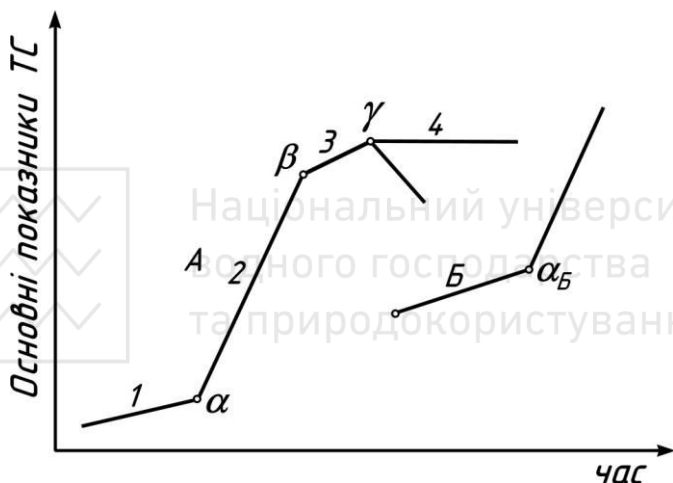


Рис. 3.1. Теоретичні „лінії життя“ ТС

Перший пік (рис. 3.2, б) відповідає точці α : кількість винаходів збільшується в період переходу до масового застосування системи. Другий пік зумовлений прагненням продовжити життя системи.

Перші винаходи, що створюють основу ТС, завжди високого рівня (рис. 3.2, в). Поступово цей рівень знижується. Пік, зображений на рис. 3.2, в, відповідає винаходам, які забезпечують системі можливість масового використання.

Перші винаходи, незважаючи на дуже високий рівень, не дають прибутку (див. рис. 3.2, з): ТС існує на папері або в одиничних зразках, у ній багато дрібних вад і недоробок. Прибуток починає



з'являється після переходу до масового застосування. У цей період навіть невелике вдосконалення дає велику економію й відповідно велику винагороду авторам.

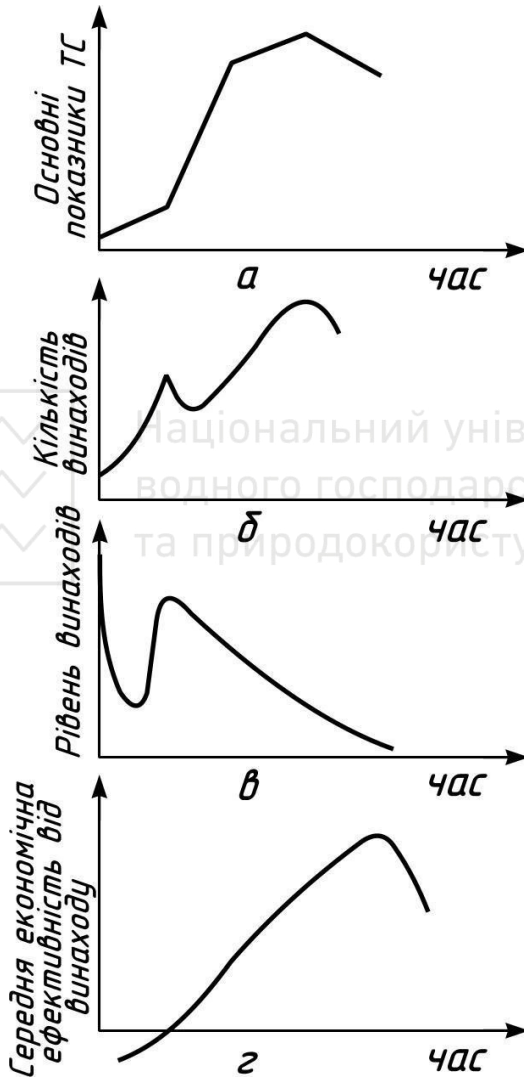


Рис. 3.2. Характерні криві розвитку ТС у часі



Винахідникові треба знати особливості „життєвих кривих“ ТС. Це потрібно, щоб правильно відповісти на вкрай важливе для винахідницької практики питання: „Чи слід розв’язувати дане завдання й удосконалювати зазначену в ньому ТС, чи треба поставити нове завдання й створити щось принципово інше? “. Початок кривої – піонерні винаходи приносять славу винахідникові; середина кривої – сучасні винаходи приносять економічну вигоду не тільки винахідникові, а й усьому суспільству.

Приклад. Обчислювальний механізм (прообраз сучасної ЕОМ), що винайшов Ч. Беббідж у 1838 р., приніс йому тільки славу: не вистачало електронної лампи й транзистора, щоб обчислювальна машина заволоділа світом. Водночас винахідники шнурків і роликкових ковзанів одержали відповідно по 12 і 15 млн. доларів прибутку.

Закон витискання людини із ТС. У своєму розвитку техніка поступово бере на себе функції людини, наближуючись до повних систем, які функціонують без втручання людини. Більшість ТС неповні, людина замінює відсутні частини системи.

Витискання людини із ТС починається з витискання людини як індивіда при збереженні принципу дії, згодом відбувається витіснення людського принципу дії, заміна його машинним.

Приклад. Верстати з числовим програмним управлінням і з управлінням від ЕОМ витіснили людину із рівня керування та поступово витісняють із інформаційного рівня.

Закон нерівномірності розвитку частин системи. Частини системи розвиваються нерівномірно: чим складніша система, тим нерівномірніший розвиток її частин.

Нерівномірність розвитку частин системи – причина виникнення технічних (ТСуп) і фізичних (ФСуп) суперечностей і, отже, винахідницьких завдань.

Приклад. Після винайдення одноківшевого екскаватора вся увага винахідників була спрямована на технологічний процес роботи, на усунення його циклічності досконалішим безперервним технологічним процесом багатоківшевого екскаватора (1851 р.). При цьому поза увагою опинився ківш. Виникла суперечність між досконалим технологічним процесом багатоківшевого екскаватора



і недосконалою конструкцією ковша, на що потім звернули увагу винахідники.

Закон збільшення ступеня ідеальності системи. Усі системи розвиваються в напрямі збільшення ступеня ідеальності. Ідеальна ТС – це система, маса, об'єм і площа якої прямують до нуля, хоч її здатність при цьому виконувати роботу не зменшується.

Яскравим прикладом дії закону збільшення ступеня ідеальності технічних систем є три покоління ЕОМ: 1) лампові, що за площею та об'ємом займають цілі будинки; 2) транзисторні – розміщуються в одній кімнаті середніх розмірів; 3) на інтегральних схемах – кишенькові мікрокалькулятори.

На перший погляд здається, що дія цього закону не поширюється на будівельне й меліоративне машинобудування, оскільки реальні будівельні й меліоративні машини стають дедалі більш великорозмірними, громіздкими й важкими. Збільшення металомісткості машин – наслідок зростання їх енергоємності й продуктивності, що відбувається значно швидше, ніж ріст металомісткості. Тобто закон діє стосовно питомої металомісткості машин (відношення маси машини до її потужності або продуктивності).

Закон розгортання - згорання ТС. У реальних ТС підвищення ідеальності здійснюється як шляхом розгортання, коли збільшення кількості та якості виконуваних корисних функцій досягається за рахунок ускладнення системи, так і згорання, тобто спрощення системи при збереженні або збільшенні кількості та якості корисних функцій.

Цей процес розвитку добре описується хвилеподібною кривою, яка справедлива для всіх рівнів ієрархії: надсистеми, системи, підсистеми, а також речовини (рис. 3.3).

Перша половина розвитку – розгортання ТС для збільшення головної корисної функції відбувається за рахунок збільшення маси, габаритів, енергомісткості системи. Потім на розвиток ТС накладаються об'єктивні обмеження росту складності (фізичні, економічні, екологічні та ін.) і починається друга половина розвитку – процес згорання, ідеалізації технічної системи.

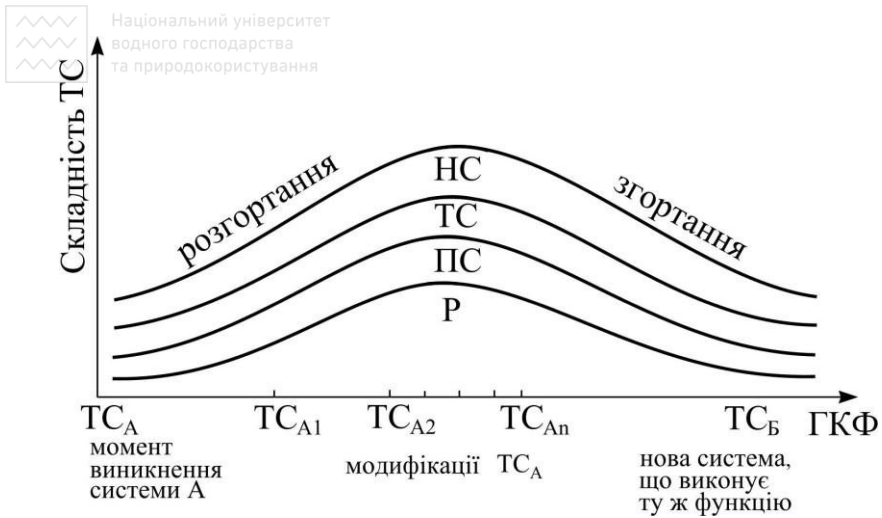


Рис. 3.3. Просторово-часова модель розвитку ТС

Приклад. Розвиток телефонних апаратів для збільшення кількості функцій відбувався за рахунок збільшення габаритів, енергомісткості – апарати факсимільного зв’язку. Сьогодні широко використовуються мобільні телефони менші за розмірами, масою, енергомісткістю, які мають набагато більше функцій, тобто спостерігається друга половина розвитку ТС – процес згортання. Цей процес відбувається за рахунок передачі частини функцій у надсистему (мережа штучних супутників Землі).

Закон збільшення ступеня динамічності та керованості системи (або збільшення ступеня репольності). Розвиток ТС йде в напрямку збільшення ступеня дисперсності, гнучкості і рухомості, тобто підвищення ступеня динамічності і керованості.

Зміст закону – нерепольні системи прагнуть стати репольними, а останні розвиваються від механічних полів до електромагнітних у напрямі підвищення ступеня дисперсності речовин, кількості зв’язків між елементами й чутливості системи.

На законі динамізації ґрунтуються два стандартних рішення: динамізація речовини ТС і динамізація поля.

Динамізація речовини здебільшого розпочинається з розділення речовини на дві шарнірно з’єднані частини (з’являється один



шарнір). Далі динамізація йде по лінії: *багато шарнірів* → *гнучка речовина* → *рідина* → *газ* → *поле*. Інколи динамізація закінчується заміною речовинного зв'язку польовим.

Динамізація поля в простішому випадку здійснюється переходом від постійної дії до імпульсної, потім до змінних і нелінійних полів.

Закон переходу з макро- на мікрорівень. *Розвиток робочих органів іде спочатку на макро-, а потім на мікрорівні.*

Робочі органи є „залізцями“. При переході з макрорівня на макрорівень (М-М) вони лишаються „залізцями“, але досконалішими. При переході з макрорівня на мікрорівень (М-м) система зберігає свою функцію, однак замість „залізець“ роботу виконує світ мікрофізики – молекули, атоми, іони, електрони. Перехід (М-м) – одна з основних тенденцій розвитку сучасних ТС. Переходу з мікрорівня на макрорівень (м-М) не існує.

Приклади. Характерними прикладами переходу з макро- на мікрорівень є перехід від розробки ґрунту механічним способом (звичайними землерийними й землерийно-транспортними машинами) до фізичного способу розробки ґрунтів за допомогою ультразвуку, струмів високої частоти, температурних змін, хімічного розчинення; або принцип дії звичайної, ядерної і нейтронної зброї.

Закон узгодження - розузгодження ТС. *Технічні системи проходять послідовно чотири етапи узгодження - розузгодження параметрів, які забезпечують їх ефективне функціонування.*

Перший етап – *підбір частин для створення системи*. При створенні системи відбуваються узгодження та підбір необхідних підсистем, які складають основний функціональний ланцюжок.

Другий етап – *вдосконалення цих частин*. Процес узгодження - розузгодження супроводжується підвищенням ідеальності системи.

Третій етап – *динамізація*. Відбувається цілеспрямована зміна окремих параметрів підсистем або всієї системи для отримання додаткового ефекту.

Четвертий етап – *перехід до саморозвиткових систем*. Параметри системи змінюються керовано, а в подальшому і самокеровано, так, щоб приймати оптимальні значення залежно від умов роботи.



Використовуючи закони розвитку ТС, можна побудувати програму розв'язання винахідницьких завдань. Це дасть можливість, не блукаючи пошуковим полем, вийти в район розв'язання, тобто скоротити кількість варіантів, які перебирають.

Запитання для самоконтролю

1. Що є методологічною основою технічної творчості?
2. Які суперечності розрізняють у техніці? Суть суперечностей.
3. Що таке ідеально-кінцевий результат?
4. За якою схемою будується ідеально-кінцевий результат?
5. Які відомі групи законів розвитку ТС?
6. Що визначають статичні, кінематичні, динамічні групи законів розвитку ТС?
7. Суть закону повноти частин системи.
8. Суть закону енергетичної провідності системи. Який висновок з цього закону можна сформулювати?
9. Суть закону узгодження ритміки частин системи.
10. Суть закону етапності розвитку ТС і переходу в надсистему. Поясніть характерні ділянки S-подібної логістичної кривої розвитку ТС.
11. Суть закону витискання людини з ТС.
12. Суть закону нерівномірного розвитку частин системи.
13. Суть закону збільшення ступеня ідеальності ТС. Що таке ідеальна ТС?
14. Суть закону розгортання-згорання ТС. Поясніть просторово-часову модель розвитку ТС.
15. Суть закону збільшення ступеня динамічності та керованості ТС. Як відбувається динамізація речовини та поля?
16. Суть закону переходу з макро- на мікрорівень.
17. Суть закону узгодження-розузгодження ТС. Які етапи проходить ТС у своєму розвитку?



4. РІВНІ ТВОРЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. ФІЗИЧНІ ЕФЕКТИ ТА ЯВИЩА, ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ КОНКРЕТНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАВДАНЬ. ФОНД ТЕХНІЧНИХ ВИРІШЕНЬ

4.1. Рівні творчої діяльності

До охороноздатних об'єктів, згідно із законодавством України, відносять відкриття, винаходи, корисні моделі та раціоналізаторські пропозиції.

Відкриттям визнається встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу, що вносять докорінні зміни в рівень знань.

Винаходом визнається абсолютно нове, що має суттєві відмінності, технічне вирішення задачі в будь-якій галузі народного господарства, соціально-культурного будівництва або оборони країни, що дає позитивний ефект.

Корисна модель – це результат творчої діяльності людини в галузі техніки і технологій, який пов'язаний з внутрішнім розташуванням, компоновкою елементів та їх зв'язками того або іншого пристрою. Корисна модель має відносну (у межах однієї країни) новизну.

Раціоналізаторською пропозицією називається технічне вирішення, що має відносну новизну й корисне для тієї організації, куди його подано.

Отже, усі технічні вирішення поділено на дві групи – винаходи і раціоналізаторські пропозиції. Водночас у патентному фонді є як „сильні“, так і „слабкі“ винаходи. Тому ступінь оригінальності, новизни, корисності, цінності технічного вирішення запропоновано характеризувати його творчим рівнем [1].

Завдання першого рівня (раціоналізаторські пропозиції) характеризуються вибором готового об'єкта (будови, способу, речовини), який прямо призначений для даної мети. При цьому об'єкт не змінюється, тобто використовується готове вирішення, одержане методом „спроб і помилок“ – за 1-10 спроб. Такі завдання й засоби їх вирішення знаходяться в межах однієї вузької



спеціальності й під силу кожному сучасному інженерові.

Приклад. Дуга заважає електрозварникові спостерігати за процесами, що відбуваються в зоні зварювання. Світло дуги „забиває“ менш яскраві деталі (краплі металу тощо). Як бути? Треба освітити зону зварювання променем яскравішим, ніж дуга. У цьому разі пошук вирішення практично зведений до нуля, тобто розв'язання таких завдань теж доступне кожному інженерові.

Завдання другого рівня характеризуються вибором одного вирішення (об'єкта) з кількох і можуть бути одержані за 10-100 проб. Зміна об'єкта при цьому неістотна. Завдання й засоби їх розв'язання можна знайти в тій самій галузі техніки (машинобудівна задача вирішується засобами, відомими в машинобудуванні, але в іншому розділі).

Приклад. Завдання в попередньому прикладі доповнюється умовою: „Треба поліпшити умови спостереження без істотного ускладнення апаратури й зниження продуктивності“.

Вирішення. „Пристрій для захисту очей та обличчя електрозварника, що має корпус і рамку з вмонтованим у неї світлофільтром, який відрізняється тим, що, з метою поліпшення спостереження за процесом зварювання, він оснащений рефлектором, який виконаний у вигляді прямокутного сектора сфери за габаритами конуса і фокусує світло від дуги на зварювані матеріали в зону розплавлення“ (а.с. СРСР № 252549).

Завдання третього рівня характеризуються зміною відомого вирішення; можуть бути розв'язані за 100-1000 проб. При цьому відомий об'єкт (прототип) змінюється хоч і частково, проте істотно. Завдання й засоби їх розв'язання знаходяться в інших галузях техніки.

Приклад. „Гвинтова пара, яка складається з гвинта й гайки і відрізняється тим, що, з метою запобігання спрацюванню їхньої поверхні, шляхом усунення тертя між ними під час роботи, гвинт і гайка розміщені з зазором, що зберігається під час роботи, в їхній різьбі укладено обмотки для створення електромагнітного поля, які забезпечують поступальний рух гайки відносно гвинта“ (а.с. СРСР № 154459, рис. 4.1).

При обертанні гвинта 1 магнітний потік між зміщеними витками



обмоток 2, 4 гвинта 1 і гайки 3 скривлюється і, як наслідок, виникає зусилля, що намагається відновити початкове взаємне розміщення витків, оскільки магнітний потік при цьому досягає максимальної величини. Це зусилля й зумовлюватиме постійне переміщення гайки 3 з рухомим вузлом 5.

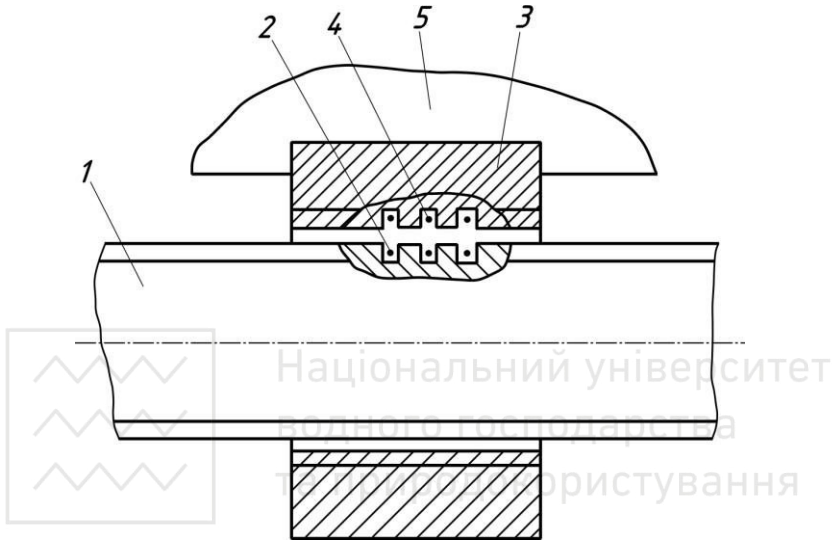


Рис. 4.1. Схема електромагнітної гвинтової пари:
1 – гвинт; 2, 4 – обмотки; 3 – гайка; 5 – деталь або вузол,
що переміщується

Завдання четвертого рівня (піонерні винаходи) характеризуються знаходженням нового вирішення, що може бути одержане за 1000-10000 проб. При цьому створюється новий об'єкт або повністю змінюється вихідний (прототип). Завдання й засоби їх розв'язання знаходяться не в техніці, а в науці серед мало застосовуваних фізичних і хімічних ефектів та явищ.

Ілюстрацією винаходу четвертого рівня може бути новий спосіб контролю спрацювання двигуна. Раніше контроль спрацювання двигуна проводили, час від часу відбираючи проби масла й визначаючи вміст у них металевих частинок. За а.с. СРСР № 260249 запропоновано додавати в масло люмінофори й за зміною світіння



(дрібні частинки металу гасять світіння) безперервно контролювати концентрацію частинок металу.

Завдання п'ятого рівня (винаходи, створені на основі відкриттів) характеризуються знаходженням принципово нового методу розв'язання, що його можна одержати більш як за 10000 проб. При цьому змінюється вся ТС, у яку входить об'єкт. Такі завдання й засоби розв'язання їх знаходяться за межами сучасного рівня науки.

Приклад. Є.В. Александров у 1957 р. встановив, що при пружному ударі коефіцієнт передачі енергії залежить від відношення мас співударних тіл до критичного значення цього відношення, яке визначається конфігурацією співударних тіл. При подальшому збільшенні відношення мас співударних тіл коефіцієнт передачі енергії визначається вже не відношенням дійсних мас, а лише критичним значенням цього відношення. Маса ударника (менша маса), помножена на величину критичного відношення мас, називається критичною. Та обставина, що критична маса залежить від конфігурації тіл, доводить можливість штучної зміни її величини при співударянні одного тіла з іншим і при поширенні ударного імпульсу по одному й тому самому тілу. Отже, стають штучно керованими такі наслідки удару, як коефіцієнт передачі енергії, тобто ККД удару, коефіцієнт відновлення швидкості, втрати відносної швидкості тощо.

На основі відкриття створено 10 винаходів машин ударної дії. Зокрема, це новий відбійний молоток (винахід 5-го рівня). Маючи при цьому знижену вібрацію й більшу продуктивність при тих самих габаритах, він у два рази менший за свого попередника.

Чим вищий рівень винаходів, тим їх менше (табл. 4.1), оскільки трудомісткість розв'язання завдань зростає.

Таблиця 4.1

Розподіл винаходів за творчими рівнями

Рівень винаходу	1	2	3	4	5
Кількість винаходів, %	32	45	19	4	0,3

Винаходи третього - п'ятого рівнів, що становлять менш як 25 %



усіх зареєстрованих, забезпечують якісну зміну техніки. Проте розв'язання завдань цих рівнів методом „спроб і помилок“ надзвичайно складне й трудомістке: щоб знайти потрібний варіант, потрібно подолати безліч „пустих“ проб. В історії техніки небагато винаходів революційного характеру; дослідники називають усього 150-200 таких винаходів.

4.2. Фізичні ефекти та явища, їх застосування при вирішенні конкретних технічних завдань

Фізичні ефекти і явища матеріального світу, наукові відкриття, фізичні та інші закони лежать в основі всіх конкретних ТВ. На одному й тому самому фізичному ефекті може базуватися величезна кількість конкретних ТВ, що істотно відрізняються одне від одного. Саме фізичні ефекти і явища (включаючи наукові відкриття й фізичні закони) – найефективніші шляхи подолання ФСуп, виявлених у технічному завданні. Розгляд фізичних ефектів і явищ потрібний після того, як сформульовані умови завдання, ідеальний результат, виявлені ТСуп і ФСуп та сформульована в загальному вигляді дія, потрібна для усунення суперечності. У таких випадках, розв'язуючи пряме завдання, зручно користуватися таблицею „потрібна дія - фізичний ефект“ [1].

Щоб успішно й уміло застосувати фізичні ефекти, потрібно знати їхню сутність, постійно стежити за появою нових наукових відкриттів, вивчати літературу з фундаментальних наук тощо. Чим більший обсяг фундаментальних знань людини, тим більша ймовірність успішного розв'язання нею складного технічного завдання, тим більше можливостей у неї для перетворення навколишнього світу. Необхідно постійно пам'ятати про це, а також про те, що відомих нам фізичних ефектів і явищ багато, але невідомих значно більше. У технічному ВНЗ, скажімо, студенти вивчають від 150 до 300 ефектів і явищ із більш як 3000 відомих.

Далі наведено деякі фізичні ефекти та явища, які можуть бути успішно використані для розв'язування винахідницьких завдань у будівельному та меліоративному машинобудуванні.

Електрогідрравлічний ефект (електрогідрравлічний удар) –



електричного розряду (напругою 20-50 кВ) між зануреними у воду електродами (а.с. СРСР № 105011). Тиск до 300 мН/м^2 дістають за рахунок енергії імпульсної ударної хвилі, що поширюється навколо каналу розряду в робочому середовищі, звичайно у воді. Цей тиск використовують для механічної дії на матеріали під час їх обробки (напруженні, пресуванні, штампуванні, згинанні, дробленні, перемішуванні тощо). Енергія, потрібна для електричного розряду, нагромаджується на конденсаторі (рис. 4.2). Залежно від призначення установок застосовують конденсатори ємністю 10-1500 мкФ, сила струму в імпульсі 15-50 кА, тривалість розряду 10-40 мксек, миттєва потужність – до 200 мВт.

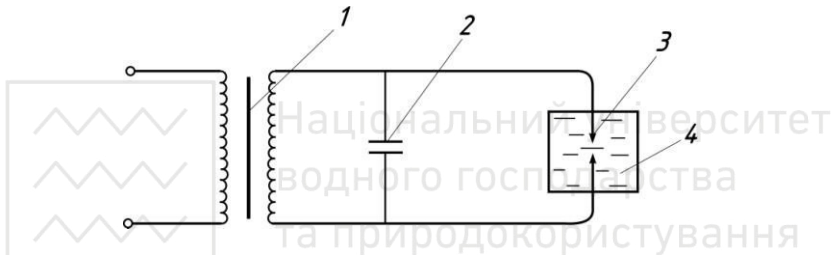


Рис. 4.2. Схема електрогідравлічної установки: 1 – трансформатор; 2 – конденсатор; 3 – електроди; 4 – місткість для робочої рідини

Приклад. А.с. СРСР № 1183602: 1. „Пристрій для утворення кротової дрени, що містить конусний ковпак і порожнисту циліндричну частину у вигляді замкненої оболонки з клапанним перфоратором, який відрізняється тим, що, з метою підвищення ефективності роботи, циліндрична частина заповнена робочою рідиною, усередині якої встановлені електроди різної полярності.

2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що електроди виконані трубчастими з вмонтованими клапанами, причому один з електродів ізольований відносно корпусу, а другий – рухомий“ (рис. 4.3).

Кавітаційний ефект [36] – утворення розривів у суцільності рідини внаслідок місцевого зниження тиску. При цьому наявні в рідині бульбашки газу чи пари, рухаючись із потоком рідини й

потрапляючи в ділянки зниженого тиску, набувають здатності до необмеженого зростання. Після переходу в зону підвищеного тиску зростання бульбашок припиняється й вони починають замикатися (скорочуватися). Замикання кавітаційних бульбашок поблизу поверхні обтічного тіла часто спричинює руйнування поверхні (ерозію). Установили, що кавітаційна зона створюється поблизу обтічного тіла. Для погано обтічних тіл, що мають гострі ребра, кавітаційна зона формується дуже швидко після початку руху. Розміри кавітаційної зони, а також сили, що діють на тіло, залежать від тиску й швидкості набігаючого потоку, а також тиску насиченої пари. Кавітаційна ерозія створюється за допомогою магнітострикційних вібраторів, на торці яких легко збуджується кавітація й супутня їй ерозія.

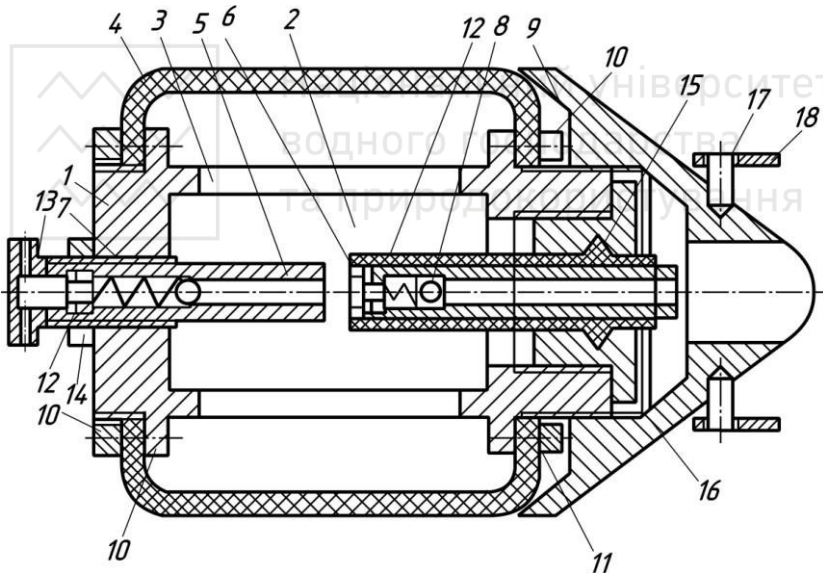


Рис. 4.3. Конструкція електрогідролічного дренаера: 1 – корпус; 2 – місткість для робочої рідини; 3 – напрямні вікна; 4 – еластична оболонка; 5, 6 – електроди; 7, 8 – напірний і всмоктувальний клапани; 9 – конусний ковпак; 10 – гайки із шплінтами; 11, 12 – регулювальні гайки; 13 – гайка-перфоратор; 14 – контргайка; 15 – ізоляційний корпус; 16 – гайка; 17 – шарніри; 18 – тягова скоба



Капілярні явища [36] – поверхневі явища на межах стичних тіл, спричинені молекулярними силами (впливом поверхневого натягу). Найбільш прості й поширені капілярні явища - всмоктування рідин у вузькі трубки (капіляри) або пори із змочуваними стінками і виштовхуванням тих самих рідин із незмочуваних капілярів (пор). Висота підняття рідини в капілярах обернено пропорційна радіусу трубки.

Ультразвуковий капілярний ефект – явище аномального збільшення (в десятки разів) швидкості руху й висоти підйому рідини в капілярах при безпосередній дії ультразвуку і зростання їх із підвищенням температури. Завдяки цьому явищу стало можливим підведення води через капіляри під різець при різанні металів, коли тиск між різцем і оброблюваною деталлю досягає до 20 мПа. Явище пояснюється тим, що рідина по капілярах підіймається не тільки за рахунок радіаційного тиску й капілярних сил, а й за рахунок стоячих ультразвукових хвиль. Наприклад, застосування зазначеного явища може бути покладене в основу принципово нових систем охолодження двигунів, при розробці пристроїв для подачі мастила під тертьові деталі машин тощо.

Електроосмос [36] – спрямований рух рідини через капіляри або пористі діафрагми при накладенні зовнішнього електричного поля. Електроосмос використовують для видалення надлишкової вологи, з ґрунтів, для сушіння торфу і т.д.

Приклад 1. Робочий орган машини для укладання гнучких трубопроводів у ґрунт, що включає змонтований на тягачі ніж-стояк з передньою ріжучою кромкою і клиновидною частиною, відхиленою назад за ходом руху машини, відрізняється тим, що, з метою зниження тягових зусиль за допомогою електроосмотичного зволоження і перезволоження, він оснащений електродами, одні з яких закріплені на клиновидній частині й на прилеглий до неї передній ріжучій кромці, а інші встановлені на трикутних сошниках чересел, закріплених вільними кінцями на тягачі.

2. Робочий орган за п. 1, який відрізняється тим, що електроди ізольовані від ножа-стояка й трикутних сошників“ (а.с. СРСР № 376522).

Ефект неспрацьовуваності (явище Крагельського, вибірнього



перенесення) [20]. Не менш як третина енергії в будь-якій сучасній машині витрачається на подолання тертя між її частинами, незважаючи на підшипники й системи мащення.

Суть явища вибірного перенесення полягає в тому, що в парах тертя „сталь - мідь“, „сталь - бронза“ або „сталь - латунь“ із твердого розчину завдяки руйнуванню міжатомних зв'язків виділяється мідь. Виділена чиста мідь переноситься на поверхню сталі у вигляді шару завтовшки близько тисячної частки міліметра. Утворений дуже тонкий шар не виноситься із зони контакту, а переходить з однієї поверхні тертя на іншу, що надає вузлам тертя високої стійкості проти спрацювання. Тому в таких парах тертя є, а спрацювання немає (підшипники ковзання). Завдяки цьому явищу вдалося, наприклад, у глобоїдних черв'ячних редукторах знизити тертя в два рази й підвищити ККД до 0,9.

Ультразвукові коливання (частота коливань 10-15 кГц). Важлива особливість ультразвуку – можливість зосередження великої густини потоку енергії в ультразвукових пучках навіть при порівняно невеликих амплітудах коливань, оскільки густина потоку енергії пропорційна квадрату частоти. У полі потужного ультразвуку виникає кавітація. Ультразвукові коливання збуджуються магнітострикційними або п'єзоелектричними вібраторами.

Ефект прецесіюючого руху [3]. Суть його полягає в тому, що тіло, відхилене від вертикальної осі OZ на кут нутації γ (рис. 4.4), одночасно здійснює оберт навколо власної осі OY і навколо осі OZ таким чином, що вісь описує конічну поверхню навколо осі OZ з кутом біля вершини конуса 2γ . При поступальному переміщенні такого тіла, виконаного у вигляді дискового ножа під кутом α до горизонту, його ріжуча кромка знімає стружку ґрунту. При цьому досягається ефект від сколювання ґрунту.

Ефект постійного високовольтного електричного поля. Якщо між електродами високовольтного джерела постійного струму помістити електропровідну або діелектричну пластину, вона починає здійснювати незатухаючі коливання в електростатичному полі. Коли замінити пластину на ротор, то при деяких напрузі ($U = 1-4$ кВ) і зазорі між полюсами й ротором останній почне

обертатися (до 2000 об/хв), навіть якщо він пластмасовий. Виходить, можна створити двигун без допомоги електромагнетизму. Такого ще електротехніка не знала. Більше того, при заземленні ротора, незважаючи на те, що всі заряди стікають у землю, ротор починає обертатися з потроєною енергією.

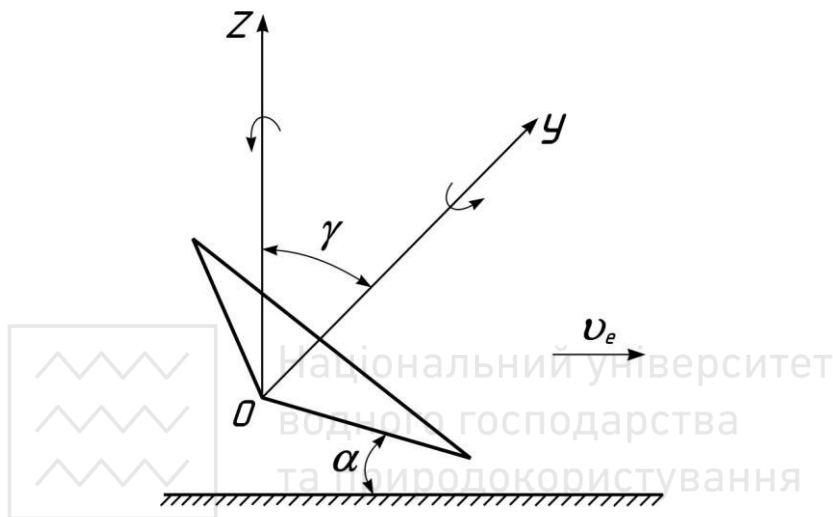


Рис. 4.4. Схема прецесіючого руху

4.3. Фонд технічних вирішень

Відомі існуючі технічні вирішення можуть служити формою і результатом втілення наукових ідей у конкретні об'єкти, конструкції, процеси, речовини. Аналіз і виявлення цієї наукової основи технічних вирішень, ідей, закладених у них, дає змогу розв'язувати за аналогією широке коло інших технічних завдань.

Фонд технічних вирішень, зокрема піонерних винаходів, – це фонд конкретних прикладів, що ілюструють застосування фізичних ефектів та явищ (табл. 4.2). Піонерні винаходи є настільки універсальними й виражають наукову ідею дещо в загальній технічній формі, що стає можливим безпосереднє їх використання при розв'язуванні нових технічних завдань, пряме включення у нові



технічні вирішення без попереднього узагальнення. В усіх галузях техніки кількість піонерних винаходів становить 150-200 шт.

Таблиця 4.2

Технічні ідеї деяких піонерних винаходів [36]

№ з/п	Технічна ідея, вирішення, принцип	Вхідна дія	Одержуваний результат
1	2	3	4
1	Електрогідрравлічний спосіб силової дії	Електричний розряд у рідині	Силова взаємодія ударної хвилі на різні предмети, шумовий і світловий ефекти
2	Електроіскрова обробка металів	Імпульсна подача напруги на електроди	Електрична іскра, висока температура і ударна дія, які руйнують метал у місці її проскакування
3	Електричний вибух металевих провідників	Імпульсний струм у провіднику	Силова дія продуктів вибуху на різні предмети, теплова дія, шумовий і світловий ефекти тощо
4	Електроерозійне руйнування металів	Електричні імпульси в системі „діелектрична рідина - метал“	Оплавлення металу і викид розплаву в рідину



1	2	3	4
5	Електрохімічне руйнування металу	Постійний струм у системі „метал-електроліт - електрод“	Зняття металу (анодне розчинення)
6	Електрохімічне осадження металу	Постійний струм у системі „електрод - електроліт - деталь“	Осадження будь-якого металу або сплаву на заздалегідь підготовлену форму деталі
7	Дія ультразвуку на різні об'єкти	Ультразвукові коливання абразивних порошоків, деталей, виробів	Розробка ґрунту, обробка твердих матеріалів, очищення деталей від забруднення, визначення дефектів у виробках
8	Вибуховий спосіб силової дії	Спрямований вибух твердих, рідких і газоподібних речовин	Силова взаємодія вибухової хвилі з виробами
9	Гіроскопічний спосіб стабілізації об'єктів	Швидке обертання тіла навколо осі симетрії	Стабілізація різних пристроїв на рухомих об'єктах



1	2	3	4
10	Використання попередніх засобів захисту або сигналізації	Внесення в об'єкт додаткового елемента	Захист або сигналізація в аварійних режимах об'єкта

Приклади. Принцип роботи черв'ячного редуктора з передаточним числом $i = 10^5 - 10^6$, заснованого на електрохімічному осадженні металу, показано на рис. 4.5.

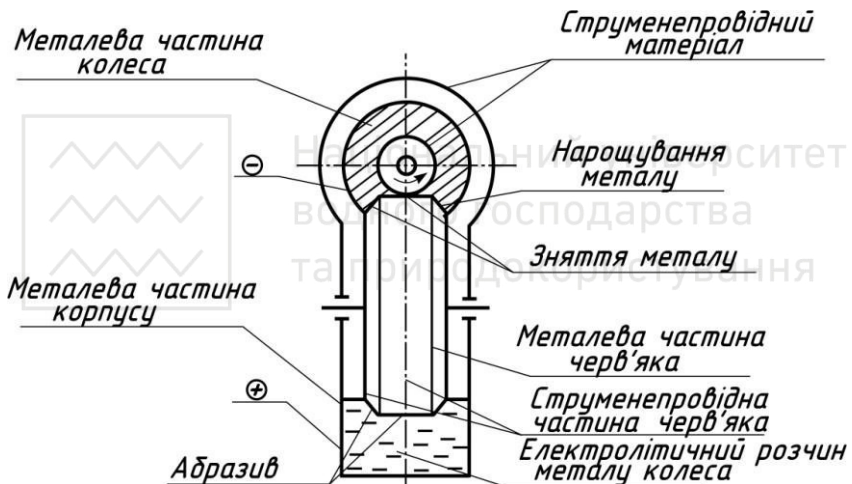


Рис. 4.5. Принципова схема роботи редуктора з передаточним числом $i = 10^5 - 10^6$

Електроіскрова обробка матеріалів започаткована ТВ за а.с. СРСР № 70000 „Спосіб одержання металів, сплавів та інших струмопровідних матеріалів, який відрізняється тим, що, з метою використання при замиканні кола електродинамічних сил для виривання з електродів порцій диспергованого матеріалу й викидання їх у навколишнє середовище, матеріали, що підлягають диспергуванню, включені як електроди в коло електричного



коливального (розрядного) контуру, який налагоджений так, що він працює в області іскрового розряду (нестационарного електричного розряду)“.

Хорошою ілюстрацією вирішень загальнотехнічного значення, метою яких є виконання будь-якої узагальненої функції, може бути генератор автоколивань рідини (а.с. СРСР № 505444). Суть винаходу полягає в тому, що при проходженні рідини через двоконусну трубку, яка має звужену частину – горловину, внаслідок кавітаційних явищ тиск у рідині на виході з трубки починає стрибкоподібно змінюватись, пульсувати, перевищуючи в кілька разів тиск на вході. Наприклад, в трубку подали воду під тиском 1 мПа, а на виході одержали пульсуючий струмінь з максимальним тиском 3 мПа, при цьому тиск збільшується „сам“. Змінюючи параметри трубки, кути розкриття дифузора й конфузора (вихідного і вхідного конуса), тиск і витрату рідини, можна регулювати частоту й амплітуду коливань рідини. Такий ефект потрібний у багатьох галузях техніки; саме тому винахід став основою для створення низки нових технічних вирішень, зокрема гідромоніторів з пульсуючим струменем води, пристрою для збивання окалини й очищення поверхні виробів і т.д.

Значного поширення набули різні машини й механізми, що використовують універсальне технічне вирішення – створення повітряної або рідинної подушки, тобто ділянки підвищеного тиску повітря або рідини, наприклад, між робочим органом і оброблюваним середовищем (а.с. СРСР № 393792): „1. Робочий орган до трубо- або кабелеукладача, що включає ніж-стояк з плоскою передньою ріжучою кромкою, який відрізняється тим, що, з метою зниження тягового зусилля, плоска передня ріжуча кромка і кожна з бічних поверхонь ножа-стояка виконані з насадками для подачі рідини в зону різання, з'єднаними з регуляторами тиску через трубопроводи“.

2. Робочий орган за п. 1, який відрізняється тим, що вздовж торців передньої плоскої ріжучої кромки і задньої утворюючої бокової поверхні ножа-стояка змонтовані ребра для утримання пульпи“ (рис. 4.6).

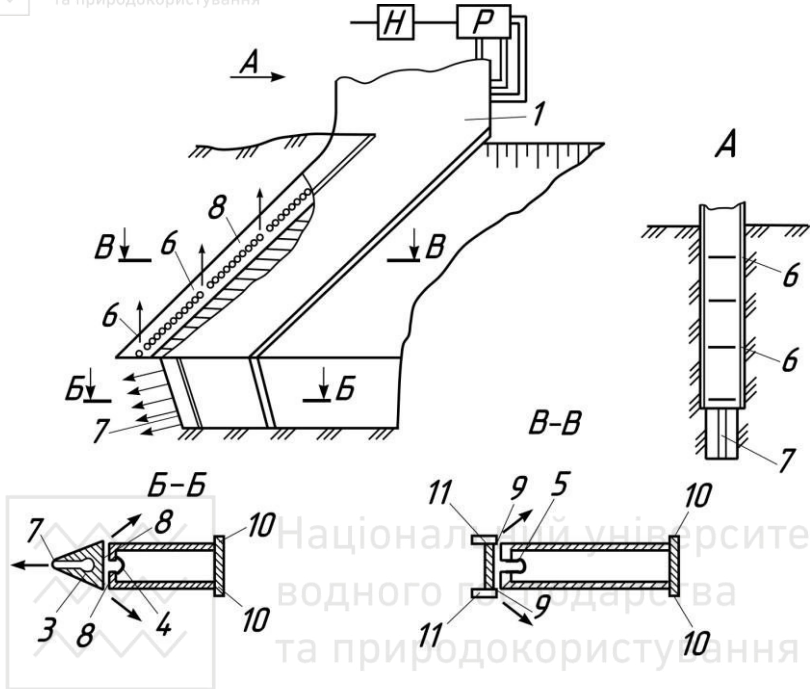


Рис. 4.6. Схема робочого органу з рідким мастилом:

- 1 – ніж-стояк; 2, 3 – високонапірні і 4, 5 – низьконапірні трубопроводи;
6, 7, 8, 9 – насадки; 10, 11 – ребра для утримання пульпи;
H – насос; *P* – регулятор тиску

Одним з ефективних джерел ідей нових технічних вирішень є нові матеріали, що мають незвичайні властивості (табл. 4.3).

Візьмімо, наприклад, нітинол (54-56 % нікелю, решта – титан). Він має термічну „пам’ять“ – здатність „запам’ятовувати“ форму, яку набирає при нагріванні до певної температури й відтворювати цю форму щоразу, коли його нагрівати до цієї „пам’ятної“ температури. Нітинолові деталі деформують до необхідної форми, фіксують її нагріванням, а потім охолоджують до кімнатної температури. При цьому деталь розпрямляється. Нагріли знову – і деталь відновлює надану їй під час першого нагрівання конфігурацію. Для відновлення форми достатньо перепаду



температури в 9-10 °С. Отже, перед нами система перетворення теплової енергії на механічну (силову). При цьому нітинол розвиває тиск на навколишні об'єкти до 9 мПа.

Таблиця 4.3

Властивості деяких матеріалів, які застосовують при вирішенні технічних завдань [36]

№ з/п	Матеріали	Вхідна дія	Одержуваний результат
1	2	3	4
1	Постійні магніти	Одноразове намагнічування	Притягання феромагнітних матеріалів, створення постійних магнітних полів
2	Біметали	Зміна температури	Пружна деформація (згинання, кручення тощо)
3	Матеріали з пам'яттю форми (нітинол)	Пластична деформація і наступне нагрівання	Відновлення початкової форми
4	Скловолокно оптичне	Світловий сигнал	Передача світлового сигналу по світловоду (подібно до електроструму по проводах)
5	Магнітно-стрикційні матеріали (феромагнетики)	Прямий ефект	
		Періодичне намагнічування	Механічні коливання
		Зворотний ефект	
		Механічні коливання	Зміна намагніченості



1	2	3	4
6	П'єзокераміка	Прямий ефект	
		Механічні коливання кристала	Знакозмінна електрична поляризація
		Зворотний ефект	
		Знакозмінне електричне поле	Механічні коливання кристала
7	Люмінофори	Опромінення ультрафіолетовими, інфрачервоними, рентгенівськими α , β , γ променями	Випромінювання видимого світла
8	Колоїдні розчини феромагнітних частинок („феромагнітні рідини“)	Магнітне поле	Оборотна зміна в'язкості, тверднення
9	Колоїдні розчини, суспензії діелектричних частинок у маслі	Електричне поле	Оборотна зміна в'язкості, тверднення
10	Піроформні матеріали	Удар або тертя	Іскріння або займання
11	Пористі матеріали	Композиція твердих і еластичних речовин та повітря	Здатність пропускати або вбирати й зберігати рідину та газу
12	Тонкі напівпровідникові плівки, афінплівки	Освітлення	Електрична поляризація
13	Фотохромні матеріали	Зміна освітленості	Оборотна зміна забарвлення матеріалу



1	2	3	4
14	Рідкі кристали	Електричне поле, намагнічування, механічні напруження, нагрівання	Зміна оптичних властивостей, поворот площини поляризації
15	„Розбухаючі матеріали“	Гідрування (насичування воднем), окислення, кристалізація	Збільшення об'єму (на 20-25 %)
16	Сегнето-електричні матеріали	Нагрівання	Зміна діелектричної проникності
17	Піроелектричні матеріали	Нагрівання	Зміна електричної поляризації
18	Композиційні матеріали	Різні дії на комбінацію вихідних матеріалів	Задані властивості готових виробів (легкість, жорсткість, міцність тощо)

У нітинолу є й інша дивовижна властивість: його можна неодноразово згинати, і він не виявляє ознак утомленості. І хоч нітинол подібно до інших металевих сплавів нагрівається в місці вигину, він знову виявляється холодним при відновленні його первісної форми. Нітинол не є феромагнетиком. Більш як на 100 нітинолових пристроїв у світі видано патенти або подано заявки. Використання нітинолу для практичних цілей у широких масштабах стримується високою вартістю його виробництва.

Приклад. Стрічку з нітинолу (рис. 4.7) зігнули S-подібно в закритому штампі і, не відкриваючи, його відпалили при $t > 60$ °С. Потім охолодили в штампі до температури 40 °С, вийняли і в іншому штампі знову зігнули Z-подібно й охолодили до кімнатної температури. Така стрічка запам'ятала, що вище від 60 °С їй

належить мати форму S , а при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче – форму Z . Але щоб змінити одну форму на іншу, стрічці не проминати проміжного прямого положення, у якому віддаль між її кінцями буде більша, ніж у зігнутому. Якщо ж один кінець стрічки затиснути в корпусі, а до другого приєднати ударник, останній ударятиме по робочому органу.

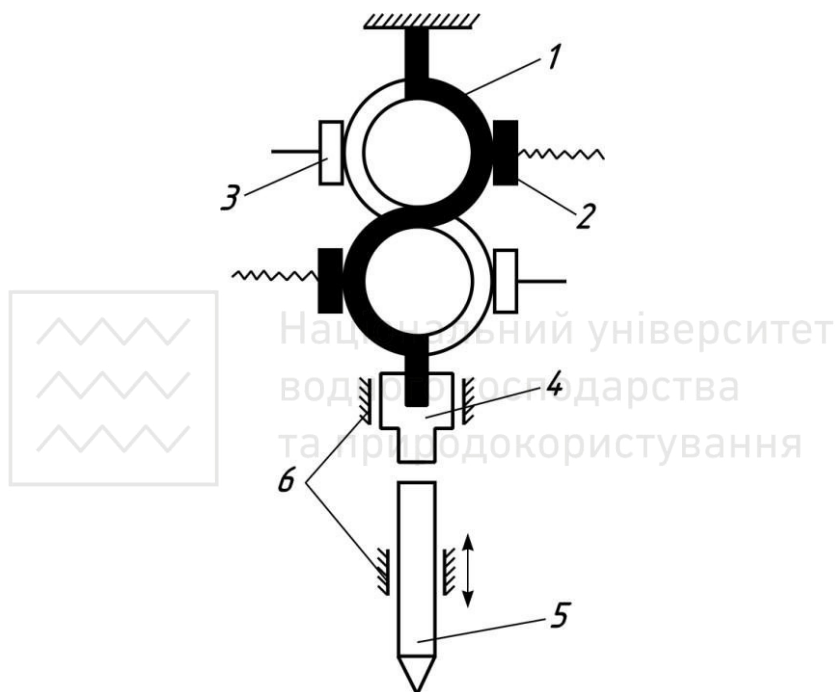


Рис. 4.7. Схема нітинолового вібролота:

1 – нітинолова пластина; 2 – електронагрівальні контакти; 3 – охолоджуючі контакти; 4 – ударник (бойок); 5 – робочий орган; 6 – корпус

Запитання для самоконтролю

1. Що таке відкриття?
2. Що таке винахід?
3. Що таке раціоналізаторська пропозиція?



4. Які творчі рівні визначають ступінь технічних вирішень?

Суть рівнів.

5. Сутність електрогідравлічного ефекту та приклади його застосування для технічних вирішень.

6. Сутність кавітаційного ефекту та приклади його застосування для технічних вирішень.

7. Сутність капілярних явищ та приклади застосування цього ефекту для технічних вирішень.

8. Сутність ультразвукового капілярного ефекту та приклади його застосування для технічних вирішень.

9. Сутність електроосмосу та приклади застосування цього ефекту для технічних вирішень.

10. Сутність ефекту неспрацьовуваності та приклади його застосування для технічних вирішень.

11. Сутність ефекту ультразвукових коливань та приклади його застосування для технічних вирішень.

12. Сутність ефекту прецесіюючого руху та приклади його застосування для технічних вирішень.

13. Сутність ефекту постійного високовольтного електричного поля та приклади його застосування для технічних вирішень.

14. Що містить фонд технічних вирішень?

15. Наведіть приклади результатів, які можна отримати, використовуючи технічні ідеї піонерних винаходів.

16. Наведіть приклади результатів, які можна отримати, використовуючи властивості матеріалів.



5. ФОНД ЕВРИСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ

Евристичний прийом – це коротка вказівка (припис, правило, принцип) того, які перетворення в даній ТС потрібно провести, щоб розв’язати суперечність і одержати нове ТВ.

Найбільш повним і загальним є фонд евристичних прийомів узагальненого алгоритму пошуку нових ТВ (табл. 5.1). Він охоплює багато прийомів, які містяться: 1) у відомих методах активізації творчості, зокрема в списках контрольних запитань різних авторів; 2) у добірках прийомів різних авторів, у тому числі 40 типових прийомів подолання ТСуп із арсеналу АВВЗ; 3) у спеціальній літературі з конструювання; 4) у публікаціях винахідників, що пишуть про свою роботу; 5) у картотеках і рукописних матеріалах окремих винахідників і спеціалістів.

5.1. Суть групи евристичних прийомів, заснованої на **кількісному перетворенні ТС**, полягає в зміні одного або кількох параметрів елементів об’єкта, зокрема: а) в зміні розмірів, довжини, площі, об’єму, маси, швидкості, температури, напрямку, часу дії, часу служби, часу процесу, довжини хвилі, частоти коливань, надійності, міцності, точності, концентрації, консистенції, ступеня гнучкості, ступеня прозорості, ступеня освітленості, ступеня звучання, вартості, показника якості та інших параметрів об’єкта (перетворення одного параметра є пошуковою процедурою); б) в зміні довжини та об’єму при переведенні об’єкта в робоче або транспортне положення; у збільшенні або зменшенні ступеня дроблення; г) в зміні (посиленні) шкідливих чинників до такої міри, щоб вони переставали бути шкідливими; д) в здійсненні оптимальних параметрів.

Приклад. Рухоме з’єднання двох частин шокової дробарки (а.с.СРСР № 142511), рухомість якого досягається завдяки сферичній формі чавунного наконечника. Шийка цього наконечника - найслабше місце конструкції, тут звичайно стається злом. А коли ми заздалегідь навмисне зламаємо наконечник? Тоді він перетвориться на циліндричну втулку, яку вже неможливо зламати. Треба припустити те, що здається неприпустимим. Але тут думка винахідника нерідко наштовхується на психологічний бар’єр.



Групи евристичних прийомів узагальненого
алгоритму пошуку нових ТВ [30]

Номер групи	Назва групи	Кількість прийомів	Кількість пошукових процедур
1	Кількісні перетворення	21	121
2	Перетворення форми	26	68
3	Перетворення в просторі	40	65
4	Перетворення в часі	17	46
5	Перетворення руху	23	43
6	Перетворення матеріалу	14	21
7	Перетворення шляхом виключення	20	29
8	Перетворення шляхом додавання	33	66
9	Перетворення шляхом заміни	41	83
10	Перетворення шляхом профілактичних заходів	16	23
11	Перетворення шляхом диференціації	49	74
12	Перетворення шляхом інтеграції	34	53
13	Перетворення шляхом використання резервів	24	35
14	Перетворення за аналогією	23	42
15	Комбінування та ін.	39	57
	Всього	420	826

5.2. Суть *перетворення форми елементів ТС* полягає в перетворенні ліній поверхонь або тривимірних об'єктів, під якими розуміють форму, обрис, профіль елементів ТС, зокрема: а) у використанні періодичної зміни форми об'єкта в просторі або в часі залежно від умов роботи; б) у зміні форми об'єкта шляхом скручування або згинання; в) у вивертанні форми „навиворіт“ або зміні навпаки традиційної форми; г) у наданні об'єкту раціональної форми з метою найкращого використання й економії матеріалу; д) у виконанні об'єкта з отворами, порожнинами або навпаки; е) у переході від симетричної форми або структури об'єкта до асиметричної і навпаки; ж) у переході від замкнених об'ємних форм



до відкритих форм; з) у переході від прямолінійних частин, плоских поверхонь, кубічних і многогранних форм до криволінійних, сферичних та обтічних форм і навпаки; и) у виконанні криволінійних елементів, що взаємодіють із рідкими й газоподібними, еліптичними; і) у наданні об'єкту, що працює під навантаженням, опуклої форми; ї) у перетворенні форми об'єкта з урахуванням зменшення „непрацюючої“ поверхні й простору; й) у використанні принципу різноміцності; к) у виконанні об'єкта у формі іншого технічного об'єкта, що має аналогічне або абсолютно інше призначення з метою створення хибного уявлення; л) у використанні в аналогічних умовах роботи форми або пропорції об'єктів природи чи природний принцип формоутворення; м) у виконанні форми об'єкта аналогічно формі органів людини, тварин або рослин; н) у знаходженні оптимальної форми за заданим критерієм якості.

Як приклад розглянемо землерийні робочі органи розрізаючого типу з плоскою лобою ріжучою кромкою. Поздовжній і поперечний профілі таких робочих органів доповнюються ґрунтовим ядром ущільнення до оптимальної форми, причому остання змінюється (адаптується) залежно від ґрунтових умов. Іншим прикладом можуть бути відвали бульдозерів, що адаптуються до різних ґрунтових умов за допомогою зміни ширини, кутів різання й перекоосу, кривизни відвалу тощо [12].

Згідно з прийомом „г“ розроблено „Робочий орган багатоківшевого екскаватора, що включає раму, установлені на ланцюгу ковші з бічними стінками й днищем та підпружинений очисник, закріплений на рамі, який відрізняється тим, що, з метою підвищення продуктивності й розширення сфери застосування, верхні грані бічних стінок кожного ковша оснащені напрямними, поздовжній профіль яких подібний до профілю ковша, а очисник має роликові штовхачі, установлені з можливістю взаємодії з напрямними“ (а.с. СРСР № 1079764, рис. 5.1).

5.3. Суть *перетворень ТС у просторі* полягає в зміні орієнтації й положення, розміщенні й упорядкуванні об'єктів та їхніх елементів у просторі, у заміні в об'єкті розмірності простору. Це зокрема: а) перейти від контакту в точці до контакту по лінії, від контакту по

лінії до контакту по поверхні й навпаки; б) розмістити елементи об'єкта по одній лінії, площини замінити відповідно розміщенням на площині й у тривимірному просторі (об'ємі) і навпаки; в) перейти від одноповерхової (одношарової) компоновки до багатопверхової (багатошарової) й навпаки; г) перевернути об'єкт навпаки („догори ногами“), вивернути його; д) поділити об'єкт на дві частини - „об'ємну“ і „необ'ємну“, винести об'ємну частину за границі, що обмежують об'єм; е) один елемент має пройти крізь порожнину в іншому елементі; є) один елемент за принципом „матрьошки“ розмістити всередині другого, який, у свою чергу, міститься всередині третього, і т.д.; ж) заздалегідь виконати потрібну дію, розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію з найзручнішого місця без витрат часу на доставку; з) змінити компоновку й розміщення елементів об'єкта.

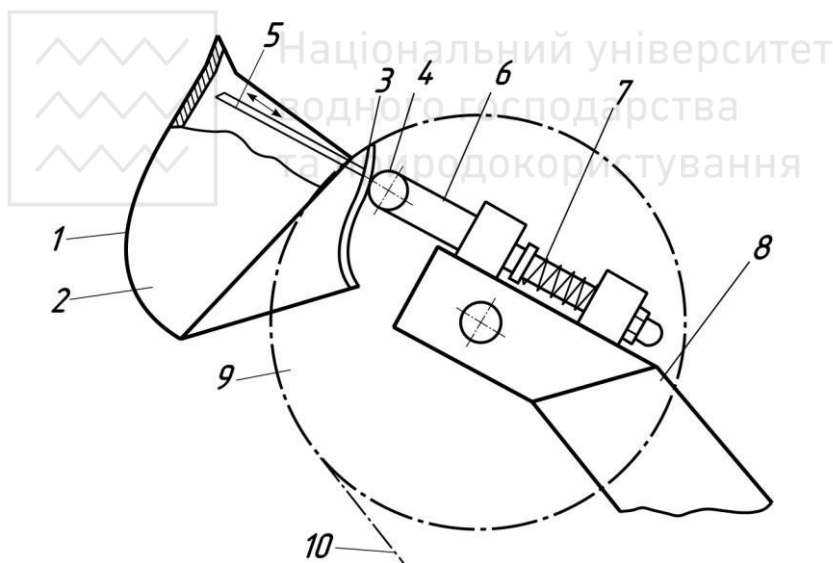


Рис. 5.1. Пристрій для примусового очищення ковшів багатоківшевого каналочисника: 1 – криволінійне днище ковша; 2 – бічні стінки ковша; 3 – напрямні для роликів штовхачів 4; 5 – рухомий очисник; 6 – напрямна штанга; 7 – пружина; 8 – рама; 9 – ведуча зірочка; 10 – тяговий ланцюг

Приклади. Відомий ківш скрепера, всередині якого по діагоналі зверху вниз проходить шарнірно закріплена у верхній частині плита з ножем, який виступає трохи попереду основного ножа (рис. 5.2). При такій конструкції місткість ковша поділена на дві частини. Спочатку заповнюється місткість над плитою, а потім після підняття плити з ґрунтом у верхнє положення звільнена місткість ковша заповнюється шляхом зрізання ґрунту основним ножем. При цьому місткість ковша скрепера збільшується на 45 %.

На основі прийому „є“ розроблено „Робочий орган землерийної машини для нарізання щілини, що включає стояк з плоскою верхньою і нижньою гострозаточеними ріжучими частинами, які утворюють ламану лінію. Відрізняється тим, що, з метою зниження тягового опору під час роботи його на різних ґрунтах і глибинах нарізуваних щілин, верхня ріжуча частина змонтована з можливістю зворотно-поступального переміщення по стояку, за допомогою прямолінійної напрямної, яка нижнім кінцем шарнірно з'єднана з цією останньою і має привод повороту, а нижня ріжуча частина виконана з жорстко закріпленої на стояку верхньої секції й телескопічно з'єднаної з ним нижньої секції, що має привод переміщення“ (а.с. СРСР № 1199878, рис. 5.3). На принципі „є“ також ґрунтується будова всіх телескопічних антен радіоприймачів, телескопічних стріл кранів і одноківшевих екскаваторів.

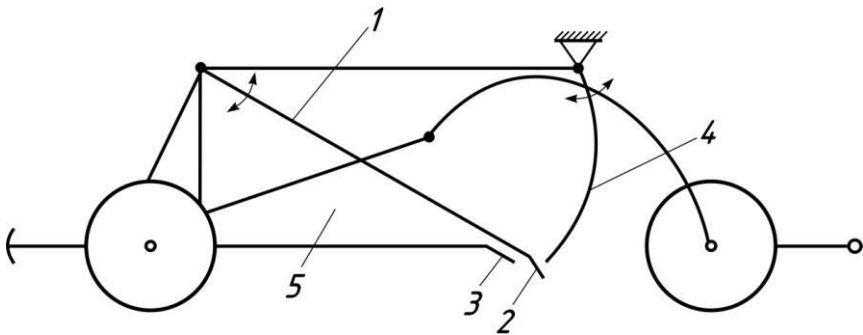


Рис. 5.2. Принципова схема скрепера з плитою, що проходить усередині ковша: 1 – плита з переднім ножем; 2; 3 – основний ніж; 4 – заслінка; 5 – ківш

5.4. Суть **перетворення ТС в часі** полягає в зміні в часі тривалості, порядку, періодичності або характеру дії об'єктів та їхніх елементів. Це зокрема: а) перейти від безперервної подачі енергії (потужності) до періодичної, включаючи імпульсну і навпаки; б) перейти від безперервної дії або процесу до періодичної (імпульсної) і навпаки; в) якщо дія здійснюється періодично, змінити періодичність; г) перейти від сталого до змінного режиму роботи і навпаки; д) перетворити асинхронний процес (дію) на синхронний і навпаки; е) перейти від послідовного виконання операцій до паралельного (одночасного) і навпаки; є) об'єднати в часі однорідні або суміжні операції; ж) одну дію виконувати в паузах іншої.

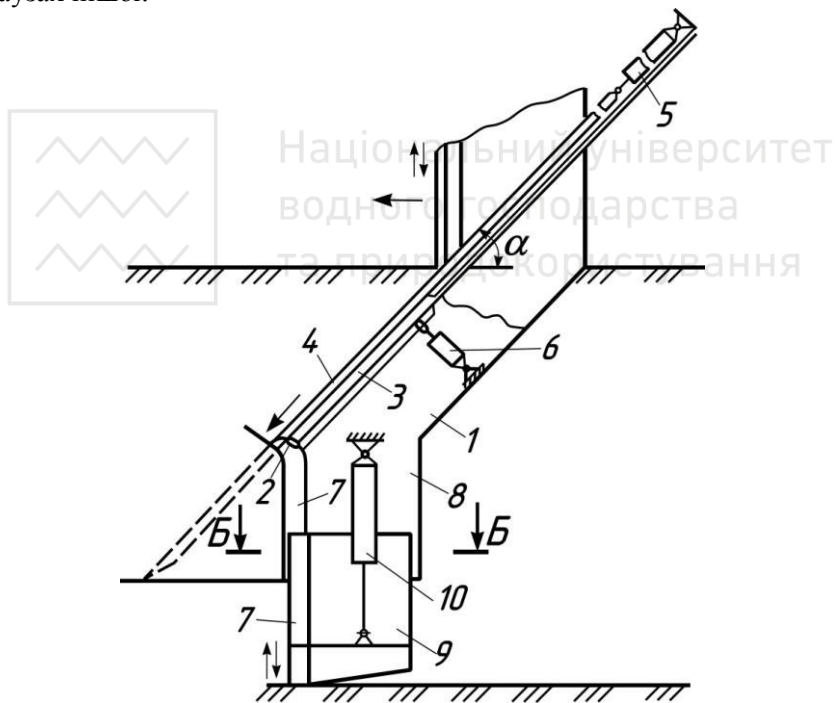


Рис. 5.3. Схема телескопічного робочого органу землерийної машини:

- 1 – стоек; 2 – шарнір; 3 – напрямна; 4, 7 – верхня плоска і нижня гострозаточена ріжучі частини; 5, 6, 10 – гідроциліндри керування;
- 8, 9 – нерухома і рухома секції телескопа

1. Пристрій для розвантажування ковшів, установлених на ланцюгу, що містить очисник з виступом, шарнірно встановлений у ковші, роликовий штовхач і демпфер, установлені на ковшовій рамі, та криволінійний важіль, обернений увігнутою частиною до роликового штовхача. Відрізняється тим, що, з метою зниження енергоємності процесу розвантаження шляхом поділу в часі гравітаційного навантаження і примусової очистки, криволінійний важіль установлений із зовнішнього боку ковша, а очисник орієнтований вільним кінцем у бік руху ланцюга і висунутий за межі ковша, при цьому демпфер установлений за роликовим штовхачем за ходом руху ковшів.

2. Пристрій за п. 1; відрізняється тим, що він оснащений напрямним роликом, установленим на ковшовій рамі під роликовим штовхачем із можливістю розміщення ланцюга на ділянці між напрямним роликом і роликовим штовхачем вертикально“ (а.с. СРСР № 1033642).

Відомі також землерийні робочі органи з газодинамічною дією на ґрунт, у яких, з метою зниження енергоємності й підвищення продуктивності руйнування та переміщення ґрунту здійснюється за допомогою дії періодично генерованих ударних газоповітряних потоків [3].

5.5. Суть *перетворення руху елементів ТС* полягає в зміні компонентів вектора швидкості руху, зокрема траєкторії руху об'єкта і його елементів, а також числа ступенів вільності руху, у зміні розмірності простору, у якому здійснюється рух. Це, зокрема: а) перетворити нерухомий об'єкт на рухомий і навпаки; б) виконати рухомі елементи нерухомими і навпаки; в) змінити число ступенів вільності руху об'єкта або його елемента; г) виконати об'єкт хитним і навпаки; д) надати об'єкту коливального руху і навпаки; е) поділити об'єкт на частини, здатні переміщуватися відносно одна одної; є) поділити об'єкт на дві частини: „важку“ і „легку“, пересувати тільки „легку частину“; ж) змінити умови роботи так, щоб небезпечні або шкідливі стадії процесу здійснювались на великій швидкості і навпаки; з) надати елементові руху, аналогічного рухові органів людини або тварини.

Приклади. Згідно з прийомами „а“ і „г“ винайдено „Робоче

обладнання землерийної машини для утворення щілини, що включає начіпну раму і робочий орган для нарізання щілини з приводом для керування почерговою взаємодією його послідовно розміщених ріжучих лез із ґрунтом. Відрізняється тим, що, з метою спрощення конструкції, робочий орган виконаний у вигляді шарнірно-поворотного сектора, на дуговій частині якого закріплені ріжучі леза, при цьому привод для керування почерговою взаємодією лез робочого органу з ґрунтом виконаний із змонтованого на начіпній рамі з можливістю зворотно-поступального переміщення по вертикалі повзуна, на якому розміщений шарнірно-поворотний сектор, і з встановленого на начіпній рамі гідроциліндра керування повзуном“ (а.с. СРСР №1199877, 1404598; рис. 5.4).

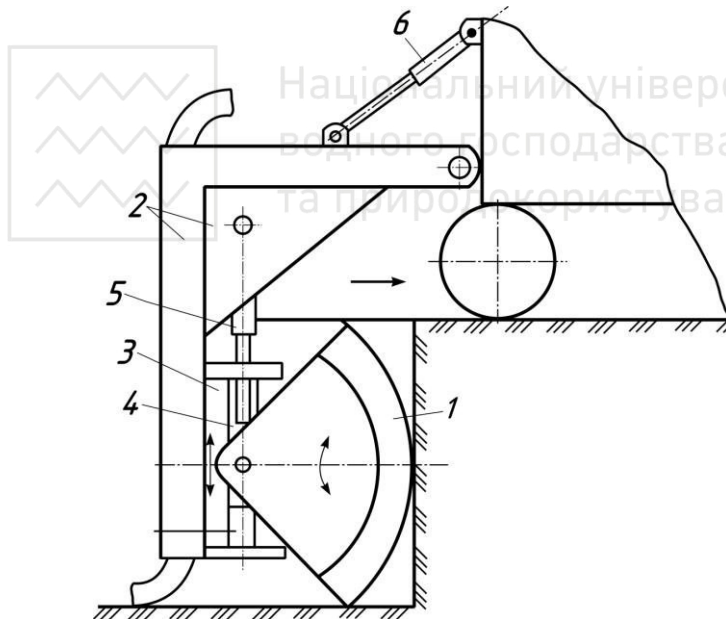


Рис. 5.4. Схема робочого обладнання землерийної машини з шарнірно-поворотним сектором:

- 1 – шарнірно-поворотний сектор; 2 – начіпна рама; 3 – кронштейн;
- 4 – повзун із зубчато-реверсивним механізмом;
- 5, 6 – гідроциліндри привода підйому і опускання

Крім цього, розроблено „Робочий орган машини для прокладання дрен, що включає ніж, дреноер із розширювачем і форсунку з живильним трубопроводом; відрізняється тим, що, з метою підвищення стійкості стінок дрен проти обвалювання шляхом ущільнення їх і зниження тягового зусилля, розширювач пов'язаний з дреноером через колінчастий вал, який має привод, розміщений у верхній частині ножа“ (а.с. СРСР № 887712, рис. 5.5).

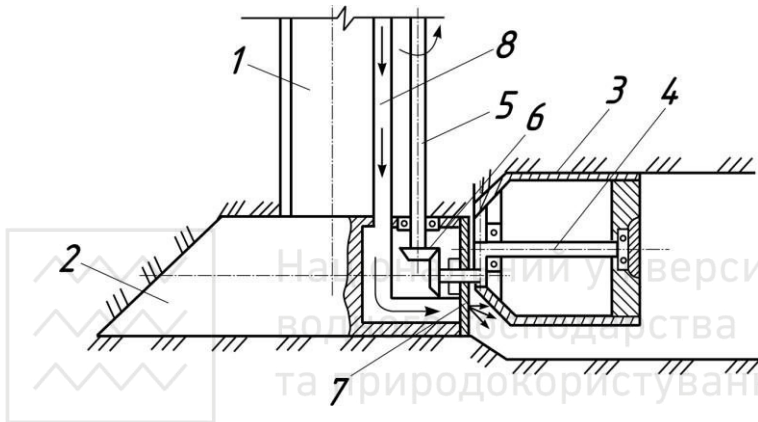


Рис. 5.5. Схема дреноера з обертовим розширювачем:
1 – ніж; 2 – дреноер; 3 – розширювач; 4 – колінчастий вал;
5 – вал привода; 6 – конічна передача; 7 – форсунка;
8 – напірний трубопровід

Відомий дреноукладач, який включає землерийний робочий орган і трубоукладач; відрізняється тим, що, з метою підвищення точності додержування похилу, землерийний робочий орган з'єднаний з трубоукладачем за допомогою вертикальних напрямних. Це дало змогу поділити робоче обладнання на дві частини – „легку“ і „важку“ й керувати при додержуванні похилу тільки „легкою“ частиною, скажімо трубоукладачем.

5.6. Суть *перетворення матеріалу* полягає в зміні властивостей матеріалу або заміні матеріалу в об'єкті та його елементах. Це, зокрема: а) виконати жорстку частину об'єкта або його елемента з

матеріалу, що допускає зміну форм під час роботи і навпаки;
 б) виконати об'єкт або його поверхню пористими; в) замість твердих частин об'єкта використати рідкі або газоподібні;
 г) використати новий матеріал; д) виконати елементи об'єкта з матеріалів із різним термічним розширенням.

Приклади. „ 1. Бульдозер, що включає базову машину, напрямні бруси, відвал з балкою і ріжучим ножем, розкоси і силові циліндри; відрізняється тим, що, з метою зменшення енергоємності процесу копання ґрунтів відвалом, останній виконаний з лобовою поверхнею у вигляді гнучкої стрічки, один кінець якої закріплений на ріжучому ножі, а другий пропущений через установлений у розкосах поворотний ролик і з'єднаний за допомогою пружини з балкою, змонтованою з можливістю переміщення в пазах розкосів і з'єднаною шарнірно зі штоком силових циліндрів.

2. Бульдозер за п. 1; відрізняється тим, що ріжучий ніж шарнірно встановлений на відвалі з можливістю повороту відносно осі, жорстко закріпленої в напрямних брусах, і з'єднаний шарнірно за допомогою важелів із силовими циліндрами“ (а.с. СРСР №304535, рис. 5.6).

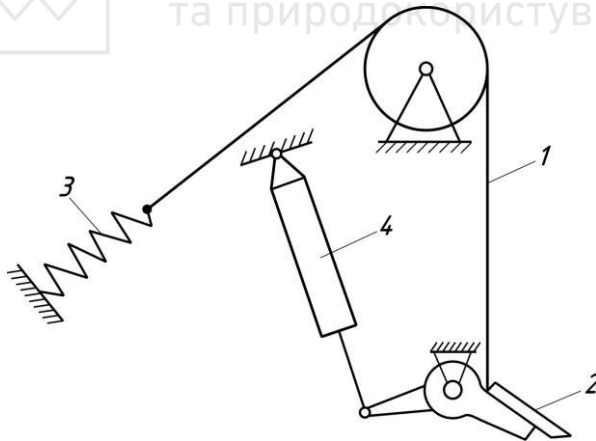


Рис. 5.6. Схема бульдозерного обладнання з відвалом у вигляді гнучкого елемента:

- 1 – гнучкий елемент; 2 – поворотний ніж;
- 3 – пружина; 4 – гідроциліндр



Внутрішнє переміщення речовин – одна з важливих функцій багатьох машин. Так, „груба“ машина, скажімо двигун внутрішнього згоряння, здійснює цю функцію за допомогою труб, насосів тощо, а „тонка“ машина – за допомогою пористих матеріалів і молекулярних сил (капілярів).

У зв'язку з цим становить інтерес винайдена „система випарного охолодження електричних машин; відрізняється тим, що з метою виключення необхідності, підведення охолоджуючого агента до машини, активні частини й окремі конструктивні елементи виконані з пористих матеріалів, наприклад, пористих порошкових сталей, просочених рідким охолоджуючим агентом, який під час роботи машини випаровується і таким чином забезпечує короткочасне інтенсивне й рівномірне охолодження її“ (а.с. СРСР № 187135).

5.7. Суть *перетворення шляхом виключення* полягає в зменшенні до нуля або на деяку величину значень параметрів, кількості об'єктів, їхніх елементів, властивостей або факторів:

$$R_{mn} = R_{mn} - \Delta R_1, \quad (5.1)$$

де R_{mn} – нове ТВ; R_{mn} – ТВ у прототипі; ΔR_1 – виключаюча частина ТВ з прототипу. Це, зокрема: а) усунути зворотні й холості ходи; б) виключити третью поверхні; в) усунути шкідливий чинник за рахунок накладення на нього іншого шкідливого чинника; г) зробити так, щоб один об'єкт виконував кілька функцій, завдяки чому відпадає потреба в інших об'єктах.

Приклади. Відомий бульдозерний відвал, з тильного боку якого встановлено розпушувач. Такий бульдозер не має холостих ходів внаслідок розпушення ґрунту під час заднього ходу.

Дві лінії труб розмішувались поряд. Одні спеціалісти боролися із заростанням труб, які використовувались для відведення золи й шлаку, і цікавилися тільки цим. Інші спеціалісти боролися проти спрацювання труб, призначених для видалення вугільних відходів, і також бачили тільки свої труби. М.І. Шарапов з погляду ІКР (самоочисна труба) запропонував пропускати гідросуміші почергово з однієї труби в іншу (а.с. СРСР № 212672, 239752).

Згідно з прийомом „г“ винайдено „бульдозерне обладнання, що включає штовхаючу раму, поперечний транспортер, установлений на рамі транспортера ріжучий ніж із підйомним листом та опорні

елементи рами транспортера; відрізняється тим, що, з метою розширення його технологічних можливостей, рама транспортера шарнірно з'єднана із штовхаючою рамою і має поздовжні напрямні, а обладнання оснащено відвальним листом, який встановлений у поздовжніх напрямних рами транспортера з можливістю фіксованого сполучення його з підйомним листом і розміщення за транспортером, і шарнірно з'єднаними зі штовхаючою рамою та відвальним листом гідроциліндрами керування цим останнім, при цьому опорні елементи виконані у вигляді гідроциліндрів з роликами“ (а.с. СРСР № 1081295, рис. 5.7).

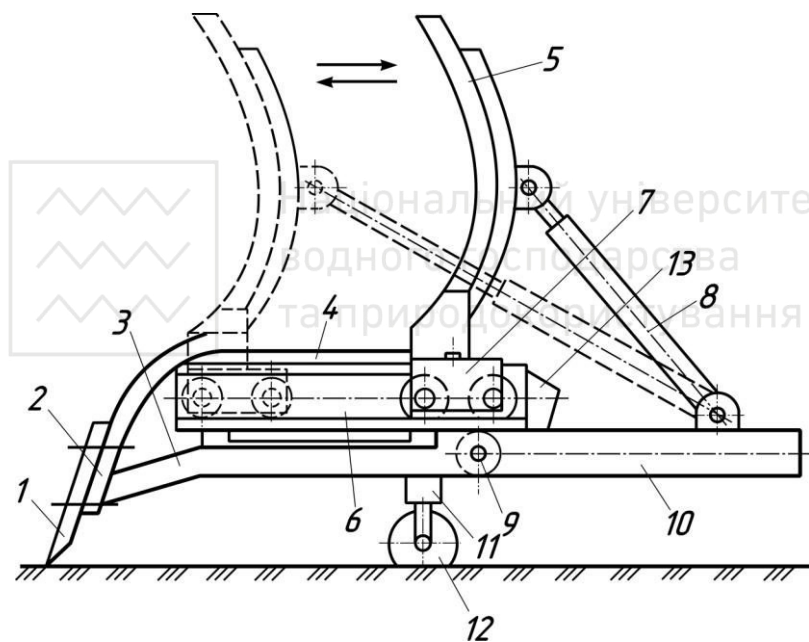


Рис. 5.7. Схема універсального бульдозерного обладнання:

- 1 – ніж; 2 – підйомний лист; 3 – рама; 4 – поперечно-відвальний транспортер; 5 – відвальний лист; 6 – напрямні; 7 – ходові каретки;
- 8, 11 – гідроциліндри; 9 – шарнір; 10 – штовхаюча рама;
- 12 – опорні ролики; 13 – гідродвигун

5.8. Суть **перетворення шляхом додавання** полягає в додаванні (приєднанні) до об'єктів нових елементів, властивостей, чинників



або посиленні (збільшенні) тих, що є:

$$R_{mn} = R_{mn} + \Delta R_2, \quad (5.2)$$

де ΔR_2 – приєднувана частина ТВ до прототипу. Це, зокрема: а) ввести зворотний зв'язок у керування процесом; б) виконати об'єкт пористим або використати додаткові пористі елементи; в) якщо об'єкт виконаний пористим, заповнити пори якою-небудь речовиною; г) зробити об'єкт або його елемент прозорим в одному або кількох вимірах і навпаки; д) ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок і навпаки; е) ввести запобіжні пристрої або блокування.

Приклади. Для автоматичного керування нормою зволоження дощувальних машин пропонуються вологоміри ґрунту, що надсилають сигнал (інформацію) про вологість ґрунту вододозувальним пристроям, які змінюють витрату води.

Для зручності спостереження за роботою відповідальних вузлів машини, їхні корпуси виконують прозорими; щоб було зручно контролювати наявність пасти в кульковій ручці, їхні корпуси також виконують прозорими.

Сопло піскоструминного апарата дуже швидко спрацьовується внаслідок взаємодії з абразивними частинками піску. Щоб усунути зазначений недолік, запропоновано ізолювати сопло від піску створеною по його кільцевому перерізу повітряною плівкою.

5.9. Суть **перетворення шляхом заміни** полягає в тому, що частина об'єкта (елемент, речовина, властивість, дія, чинник тощо) виключається, а замість неї додається нова частина. Перетворення заміною суміщають у собі одночасно перетворення виключення і додавання, тому

$$R_{mn} = R_{mn} - \Delta R_1 + \Delta R_2. \quad (5.3)$$

Це, зокрема: а) замінити вигин розтяганням або стискуванням; б) замінити тертя ковзання тертям кочення і навпаки; в) замість твердих частин об'єкта використати газоподібні або рідкі (надувні й гідронаповнювані, повітряну подушку, гідростатичні та гідрореактивні); г) замінити в об'єкті принцип роботи, конструкцію, кінематичну або гідравлічну схему, електричну або електронну схему, засоби зв'язку між елементами; д) зробити так, щоб витрачувані елементи об'єкта відновлювались безпосередньо в



процесі роботи; е) замінити механічну схему електричною, тепловою, акустичною, знаковою, „запаховою“, оптичною; є) замінити жорсткий зв'язок гнучким і навпаки; ж) замість жорстких об'ємних конструкцій використати гнучкі оболонки й плівки; з) замість дії, яку диктує умова завдання, здійснити обернену дію (наприклад, не охолоджувати об'єкт, а нагріти).

Приклади. Згідно з прийомами „б“, „г“, „є“, „з“, винайдено принципово новий щілиноріз: „1. Землерийний робочий орган, що включає тяговий ланцюг, з установленими на ньому ріжучими елементами з транспортуючими місткостями; відрізняється тим, що, з метою підвищення продуктивності й зниження опору копанню, кожний ріжучий елемент виконаний у вигляді сферичних сегментів, установлених під гострим кутом один до одного на ланцюгу за допомогою кронштейна та осей із можливістю вільного обертання, причому вершина кута обернена від ланцюга, а транспортуюча місткість розміщена між сферичними сегментами й жорстко встановлена на кронштейні.

2. Землерийний робочий орган за п. 1; відрізняється тим, що осі розміщені з внутрішнього боку сферичних сегментів, обернених випуклістю назовні“ (а.с. СРСР № 1051178, 1191528, рис. 5.8, а, б).

Крім того, винайдено: „1. Робочий орган землерийної машини, що містить раму і пасивний щілиноріз із від'ємним кутом різання; відрізняється тим, що, з метою підвищення продуктивності шляхом зниження сили опору різанню, щілиноріз виконано у вигляді набору самообертючих дисків, прикріплених до рами за допомогою кронштейнів з перекриттям по висоті верхньої частини наступного диска нижньою частиною попереднього на товщину, яка перевищує товщину рами.

2. Робочий орган за п. 1; відрізняється тим, що кожний кронштейн виконаний у вигляді роздвоєного чересла із зівом між лезами, у якому розміщений диск“ (а.с. СРСР № 1102866).

Розроблено також „Робочий орган бульдозера, що включає несучу раму, відвальну поверхню у вигляді робочої вітки обвідної гнучкої стрічки, розміщений у верхній частині несучої рами поворотний барабан, пружину попереднього натягу стрічки, гідромеханізм адаптуючого натягу стрічки й шарнірно з'єднаний з



несучою рамою ріжучий ніж, який через жорстко пов'язані з ним важелі з'єднаний з гідроциліндрами його повороту; відрізняється тим, що, з метою спрощення конструкції, підвищення довговічності робочого органу й зниження опору копанню, гнучка стрічка виконана безконечною, а робочий орган оснащений додатковими поворотними барабанами, обігнутими безконечною стрічкою: при цьому один з цих останніх змонтований на несучій рамі через пружину натягу стрічки, що обгинає його неробочою віткою, а інший на важелях, утворюючи з ними та гідроциліндрами повороту ріжучого ножа гідромеханізм адаптуючого натягу стрічки“ (а.с. СРСР № 1120068, рис. 5.9).

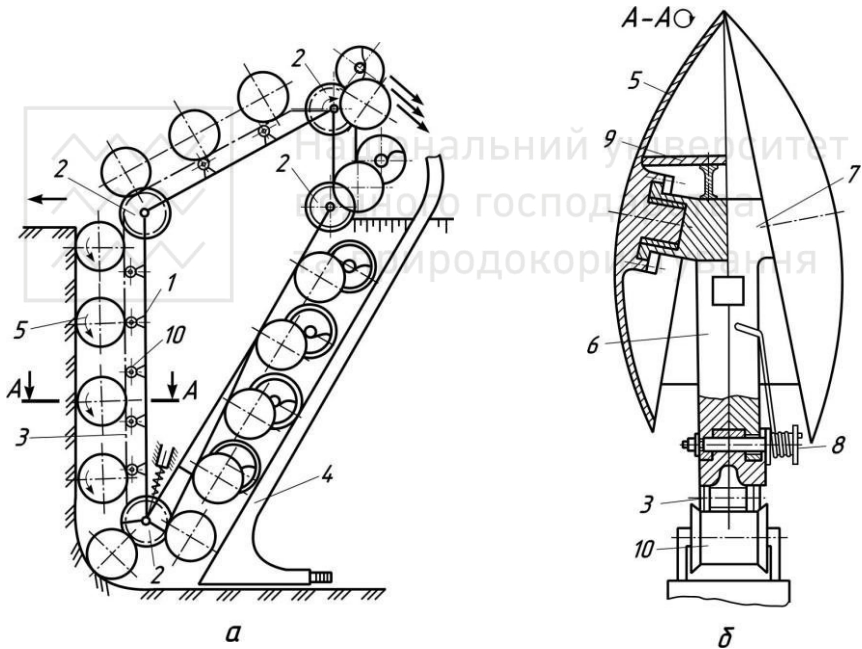


Рис. 5.8. Схема землерийного робочого органу із сегментними ріжучими елементами: 1 – рама; 2 – зірочки; 3 – тяговий ланцюг; 4 – трубоукладач; 5 – вільно обертові сферичні сегменти; 6, 7 – кронштейни; 8 – торсіони; 9 – транспортуюча місткість; 10 – напірний ролик

Якщо об'єкт А повинен тиснути на об'єкт Б рівномірно, необхідно покласти між об'єктами рідинну подушку. За цим принципом виконаний контейнер для транспортування крихких виробів, скажімо дренажних труб (а.с. СРСР № 445611), що має надувну оболонку, яка притискує вироби і запобігає їхньому биттю під час перевезення.

5.10. Суть *перетворення шляхом профілактичних заходів* полягає в запобіганні небажаним явищам і ситуаціям через створення резервів, підготовку аварійних засобів або внесень в об'єкт попередніх змін (протилежних небажаним, що ізолюють або усувають небажані явища). Це, зокрема: а) для підвищення надійності заздалегідь підготувати аварійні засоби; б) заздалегідь надати об'єкту напруги, протилежні недопустимим або небажаним робочим напругам; в) допустити аварію або поломку; після цього сконструювати об'єкт так, щоб зникла можливість дії цього шкідливого чинника надалі.

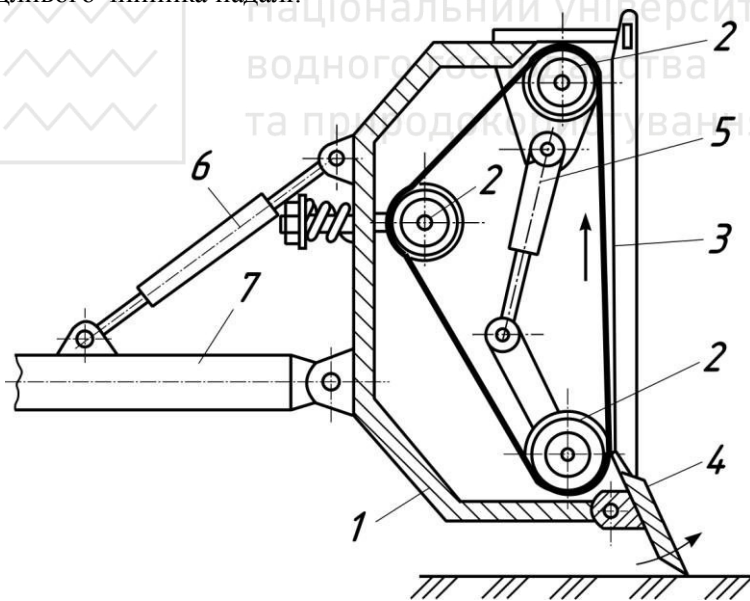


Рис. 5.9. Схема робочого органу бульдозера із стрічковим відвалом:
 1 – рама; 2 – поворотні барабани; 3 – гнучка безкінечна стрічка; 4 – ніж;
 5 – гідроциліндр керування; 6 – гвинтовий розкіс; 7 – штовхаючі бруси

Приклади. Прикладом того, де застосовуються принципи перетворення шляхом профілактичних заходів, можуть бути муфти зі зрізними штифтами, технологія попередньо напруженого бетону, пружини „подвійної“ закрутки, при накручуванні яких одночасно закручують навколо власної осі й дріт (а.с. СРСР № 316509). Одержана таким чином попередньо напружена пружина своїми механічними показниками набагато перевищує пружини, виготовлені звичайним способом. За принципом „в“ шкідливий чинник – „електроерозія“ металів – перетворений на корисний чинник при електроіскровому способі обробки металу [36].

5.11. Суть *перетворення шляхом диференціації* полягає в тому, що об’єкт поділяється, членується, дробиться, розшаровується на кілька аналогічних або різних елементів, зменшується зв’язність між ними або локально змінюються окремі елементи. При цьому до об’єкта нічого істотного не додається і з нього нічого істотного не виключається. Це, зокрема: а) поділити рухомий потік (речовина, енергія тощо) на два або кілька; б) застосувати розсувну конструкцію з елементів, що переміщуються в просторі відносно один одного; в) змінити поверхневі властивості об’єкта; г) виконати поверхні тертя з окремих, легко замінюваних деталей; д) поділити об’єкт на частини й з’єднати їх гнучким зв’язком; е) застосувати дроблення (ділення) поверхні; є) виконати об’єкт ступінчастим або каскадним; ж) поділити крихкий об’єкт або такий, що часто псується, пошкоджується, на частини; з) виконати об’єкт розбірним так, щоб можна було замінити окремі пошкоджені елементи.

Приклади. „Кабелеукладач, що включає раму, робочий орган у вигляді ножа з каналом для проходу кабелю; відрізняється тим, що, з метою підвищення ефективності розпушування, ніж виконаний складеним із секцій, змонтованих на рамі з можливістю зворотно-поступального переміщення за допомогою, скажімо, силових циліндрів, автономно з’єднаних із джерелом тиску робочої рідини“ (а.с. СРСР № 449131, рис. 5.10).

„Ківш одноківшевого екскаватора з напівкруглою ріжучою кромкою; відрізняється тим, що, з метою забезпечення швидкої й зручної заміни ріжучої кромки, ця остання виконана з окремих знімних секцій“ (а.с. СРСР № 168195).

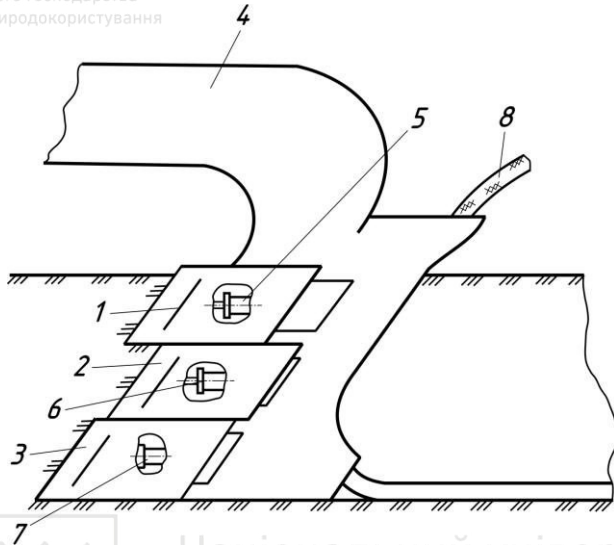


Рис. 5.10. Схема кабелеукладача з поділенням на частини ножем:

1, 2, 3 – рухомі секції ножа; 4 – рама;

5, 6, 7 – силові гідроциліндри; 8 – кабель

„Машина для прокладання кабелів із похилими ножами для різання ґрунту, продовженням яких є похилі й горизонтальні стрічкові транспортери для переміщення зрізаного ґрунту назад для засипання укладеного на дно траншеї кабелю; відрізняється тим, що, з метою вибирання траншеї на повну глибину, похилі ножі із стрічковими транспортерами, які є їхнім продовженням, і похилими площинами для спускання транспортованого ґрунту в траншею розміщені кількома ярусами по висоті із зсувом кожного вищого ножа за ходом уперед, а кожної похилої площини – відповідно назад“ (пат. СРСР № 19256).

5.12. Суть **перетворення шляхом інтеграції** полягає в об'єднанні в ціле, сполученні, суміщенні, концентрації або зближенні елементів, нагромадженні їх, підсумовуванні або збільшенні зв'язності між ними. При цьому до об'єкта нічого істотного не додається й нічого істотного з нього не виключається. Зокрема: а) нагромадити напівфабрикати, деталі, речовину, енергію;

б) паралельно з'єднати машини й агрегати з метою збільшення загальної потужності або продуктивності; в) сумістити елементи в об'єкті; г) зробити об'єкт компактним; д) сумістити або об'єднати явно несумісні об'єкти, усунувши суперечності, що виникають.

Приклад. В останньому прикладі (розд. 5.11) згідно з принципами „в“ і „г“ (див. розд. 5.12) можна сумістити стрічкові транспортери та похилі площини з несучою рамою й зробити робочий орган компактнішим. Технічна суть цього вирішення: „Багатоюрусний плуг, що містить несучу раму, на якій закріплені рознесені по вертикалі й зміщені по горизонталі в напрямі руху плуга ґрунторозробні органи, кожний з яких виконаний із горизонтального підрізаючого ножа й транспортуючої напрямної, сполученої з підрізаючим ножем і несучою рамою; відрізняється тим, що, з метою спрощення конструкції й зменшення габаритів, несуча рама встановлена похило до горизонту за напрямом руху плуга; причому відношення й різниця розмірів по ширині ґрунторозробного органу і несучої рами відповідно становлять:

$$\frac{b}{B} \leq 1 - R_v \sin \alpha, ab - b \geq hk_v, \quad (5.4)$$

де b – ширина несучої рами; B – ширина ґрунторозробного органу; k_v – коефіцієнт збільшення об'єму ґрунту при розробці; h – рознесення ґрунторозробних органів по вертикалі; α – кут нахилу несучої рами до горизонту“.

5.13. Суть **перетворення шляхом використання резервів** полягає в одержанні додаткового ефекту шляхом підвищення ККД, раціональнішому використанні матеріалу, енергії, додаткових чинників, у перевищенні нормативних величин і режимів, у розширенні виконуваних функцій об'єктом або його елементами. Зокрема: а) за принципом безперервної корисної дії здійснювати роботу об'єкта або його елементів безперервно, без холостих ходів; б) використати адаптацію об'єкта; в) забезпечити виконання об'єктом допоміжних операцій; г) за принципом самообслуговування забезпечити виконання об'єктом не тільки основної роботи, а й допоміжних та ремонтних операцій, використовуючи відходи енергії, речовини тощо; д) використати шкідливі чинники (зокрема шкідливі впливи середовища) для



одержання позитивного ефекту; е) використати відходи процесу (енергію, речовину тощо); є) використати паузи між імпульсами (періодичними діями) для здійснення іншої дії.

Приклади. „Кротодренажна машина, що включає базовий тягач з вихлопною трубою та начіпний на ньому ножовий робочий орган з прикріпленим знизу дреном і пов'язаним з ним розширювачем дрени; відрізняється тим, що, з метою підвищення якості нарізання кротової дрени шляхом усунення в ній вакуумметричного тиску при замуленні її в процесі нарізання, у дрени, розширювачі та сполучуваній їх ланці виконано загальний поздовжній канал, відкритий у бік дрени й пов'язаний за допомогою газопідвідного трубопроводу та газорозподільного пристрою з вихлопною трубою базового тягача“ (а.с. СРСР № 641045).

У кулачковому котку міжкулачковий простір забувається зв'язними ґрунтами. Щоб усунути цей недолік, запропонували між рядами кулачків котка установлювати сталеві кільця, внутрішній діаметр яких більший від діаметра котка по вальцю, але менший від діаметра котка по кулачках. При коченні такого котка кільця в місці контакту вальця з ґрунтом притискаються до його поверхні й не перешкоджають ущільненню ґрунту кулачками. З протилежного боку кільця відходять від поверхні вальця й виштовхують ґрунт із міжкулачкового простору (а.с. СРСР № 312920).

5.14. Суть **перетворення за аналогією** полягає в пошуку іншого об'єкта або процесу, що має в якомусь відношенні схожість, подібність або збіг з проєктованим об'єктом, а також у перенесенні з цього об'єкта окремих вирішень (елементів або властивостей) з одночасним пристосуванням їх до умов проєктованого об'єкта. Зокрема: а) використати пропорції живих організмів або інших природних об'єктів; б) застосувати вирішення, аналогічне наявному в провідній галузі техніки (металообробка); у неживій природі, фізиці; у сучасній живій природі; у вимерлих організмів; у хімії, біохімії, хімічній промисловості; у науково-фантастичній літературі; у минулих, давніх і „вимерлих“ технічних об'єктах; в) застосувати вирішення, аналогічне наявному в патентних даних.

Група прийомів перетворення ТС за аналогією пропонує використати принципи біоніки.



Біоніка – наука, що займається вивченням і використанням принципів організації й функціонування організмів та їхніх елементів з метою вдосконалення існуючих і створення принципово нових ТС.

При цьому слід виходити з того, що тварини, які стоять на значно нижчому рівні, ніж людина, водночас мають здатності набагато перевершувати сучасну техніку. Так, ми гордимися високоміцною сталлю, проте вона поступається перед павутиною в питомій міцності. Звичайний клоп відшукує свою жертву, керуючись різницею температур між кінцем свого хоботка і його основою, що відповідає вимірюванню температури з точністю понад 0,001 °С.

Крило сучасного літака – одне з видатних досягнень сучасної техніки. Проте жоден літак не може змагатись з птахами за кількістю вантажу, який вони здатні підіймати на одиницю затрачуваної потужності. Крила найдосконаліших машин можуть підняти лише в 10 разів меншу питому вагу.

Чим ефективніше розвивається техніка, тим більше її досягнень ми знаходимо в живій природі.

Через 10 років після винайдення голографії зоологи виявили акустичний локаатор, що дає голографічне зображення. „Звичайно, – сказали вони, – кажан, як і ми, хоче спостерігати об’ємне зображення“.

Приклади. Винахідник А. Ігнат'єв якось замислився, чому кігті кішки, дзьоб дятла, зуби білки й зайця завжди гострі? Він дійшов висновку, що самозагострювання відбувається завдяки багатошаровій конструкції зубів. Тверді стрижневі шари оточені м'якшими шарами. Під час роботи тверді шари мають велике навантаження, м'які шари – менше, внаслідок цього початковий шар загострення не змінюється. Цей принцип А. Ігнат'єв втілює у самозагострювальних різцях [1].

„Ківш екскаватора..., відрізняється тим, що, з метою поліпшення впровадження ковша в ґрунт, у середній частині напівкруглої ріжучої кромки змонтовані прилеглі один до одного зуби, центральна пара яких висунута відносно інших (зуби динозавра) “ (а.с. СРСР № 189353).

Кавітаційне руйнування бетону гребель – явище недостатньо досліджене. Численні способи захисту, що їх пропонували різні



винахідники, виявлялися або дуже дорогими, або дуже ненадійними. Вдале вирішення знайшов В. І. Сахаров. Він розповів: „Якось на березі Чорного моря я помітив, що камені й валуни, вкриті водоростями або мохами, від ударів хвиль практично не руйнуються. Голі камені, які лежали зовсім поряд, укриті борознами та ямками. Ніжний мох убезпечував камінь від руйнування. Звідси був один крок до технічного втілення ідеї, уже втіленої в природі“.

Технічне вирішення за а.с. СРСР № 279443, яке розробив В. І. Сахаров, справді відтворює давній „патент природи“: „Кавітаційно-стійке покриття поверхонь, наприклад, бетонних і залізобетонних гідротехнічних споруд, що включає захисний шар; відрізняється тим, що, з метою запобігання безпосередньому контакту кавітаційних ударів із тілом споруди та утворенню прошарку нерухомої води, захисний шар виконаний вільно виступними одним кінцем окремими стрижнями волокнами або пластинками“.

Отже, „патентний фонд“ природи – джерело ТВ високого рівня. У зв'язку з цим потрібно постійно й уважно вивчати природу, щоб розкрити її таємничі можливості, ще не розшифровані біонікою.

Для розробки досконаліших механізмів взаємодії з ґрунтом необхідно вивчати механізм пересування личинки жука, крота, сліпака, дощовика, пріапулід, баланоглосів.

5.15. Суть групи **прийомів комбінування** полягає в пошуку нових (піонерних) ТВ (пристроїв, способів, речовин) шляхом пристосування об'єктів до роботи в нових умовах, у зміні призначення та функцій об'єкта і його елементів або в знаходженні взагалі нового призначення і функцій з наступним створенням відповідного технічного об'єкта. У комбінованому поєднанні, у поєднанні нових об'єктів із відомих елементів, властивостей, функцій, зокрема: а) використати інший принцип дії; б) розглянути різні фізичні ефекти; в) придумати для відомого об'єкта нову функцію; г) знайти нову сферу застосування об'єкта; д) знайти нове застосування знайденої ідеї; е) створити технічний об'єкт, що моделює живий організм; є) використати як прототип об'єкта, що шукають: об'єкти неживої природи, живої природи; близькі галузі

техніки; віддалені галузі техніки; дитячі іграшки; сформулювати ІКР і перейти від нього до реального результату; ж) використати різні комбінації.

Приклади. Відомо використання каналного транзистора як тензодатчика або застосування принципу напірного гідроструменя для безголкового введення ліків в організм людини.

Застосування груп парних прийомів типу „прийом-антиприйом“ є ефективнішим засобом розв’язання технічних суперечностей, ніж застосування груп простих прийомів.

За принципом груп парних прийомів диференціації-інтеграції винайшли безвідходну технологію порошкової металургії, яка полягає в тому, що матеріал спочатку дроблять на порошок, а потім спікають у єдине ціле.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке евристичний прийом?
2. Які групи евристичних прийомів використовують в узагальненому алгоритмі пошуку нових технічних вирішень? Їх сутність, приклади використання в будівельному і меліоративному машинобудуванні.
3. У чому сутність групи кількісних перетворень?
4. У чому сутність групи перетворення форми?
5. У чому сутність групи перетворення в просторі, часі?
6. У чому сутність групи перетворення руху?
7. У чому сутність групи перетворення матеріалу?
8. У чому сутність групи перетворення шляхом виключення, додавання?
9. У чому сутність групи перетворення шляхом заміни?
10. У чому сутність групи перетворення шляхом профілактичних заходів?
11. У чому сутність групи перетворення шляхом диференціації, інтеграції?
12. У чому сутність групи перетворення шляхом використання резервів?
13. У чому сутність групи перетворення за аналогією?
14. У чому сутність групи перетворення шляхом комбінування?



6. РЕПОЛЬНИЙ АНАЛІЗ

6.1. Загальні відомості

Репольний аналіз є надійною сполучною вказівною ланкою між винахідницькими завданнями і фізичними ефектами та явищами, потрібними для їх розв'язання [1]. У будь-якому винахідницькому завданні, як правило, наявні три елементи: речовина P_1 , яку потрібно змінювати, опрацьовувати, переміщувати, виявляти, контролювати, керувати тощо; речовина P_2 – „інструмент“, що здійснює необхідну дію; поле Π , яке дає енергію, силу, тобто забезпечує дію речовини P_2 на P_1 (або взаємодію їх) і виконує роботу. Неважко помітити, що ці три елементи необхідні й достатні для одержання заданого результату. Саме поле або самі речовини ніякої дії не виконують. Щоб зробити що-небудь з речовиною P_1 , потрібні інструмент (речовина P_2) та енергія (поле Π).

Реполем (від слів „речовина“ і „поле“) називають мінімальну технічну систему, створену двома речовинами і полем. Під терміном „речовина“ у репольному аналізі розуміють будь-які об'єкти незалежно від ступеня їхньої складності, що взаємодіють між собою. Наприклад, робочі органи машин і середовище, на яке вони діють; гвинт і гайка і т.д.

Взаємодія – загальна форма зв'язку тіл або явищ, що здійснюється в їхній взаємній зміні. Чітку характеристику взаємодії дав Ф. Енгельс: „Взаємодія – ось перше, що виступає перед нами, коли ми розглядаємо рухому матерію в цілому з погляду теперішнього природознавства. Ми спостерігаємо ряд форм руху: механічний рух, теплоту, світло, електрику, магнетизм, хімічне сполучення і розклад, переходи агрегатних станів, органічне життя, які всі – коли виключити поки що органічне життя – переходять одна в одну, є тут причиною, там дією...“. Складніше визначити поняття поля. У фізиці полем називають форму матерії, що здійснює взаємодію між частинками речовини. Розрізняють чотири види полів: електромагнітне, гравітаційне, поле сильних і слабких взаємодій. У техніці термін „поле“ використовують ширше. „Технічне“ поле – це простір, кожній точці якого поставлена у



відповідність деяка векторна або скалярна величина. Подібні поля часто пов'язані з речовинами – носіями векторних або скалярних величин. Наприклад, поле температур (теплове поле), поле відцентрових сил тощо. У репольному аналізі термін „поле“ застосовується значно ширше, ніж у фізиці: крім „законних“ фізичних полів, розглядаються найрізноманітніші „технічні“ поля – теплове, механічне, акустичне і т.д.

У репольному аналізі взято такі позначення:

- \Rightarrow – стрілка, що поділяє стару і нову ТС;
- Δ – реполь (у загальному вигляді);
- — — — дія або взаємодія в загальному вигляді без конкретизації;
- \rightarrow – дія;
- \leftrightarrow – взаємодія;
- - - – дія або взаємодія, яку треба ввести за умовами завдання;
- ~~~ – незадовільна дія або взаємодія, яка за умовами завдання має бути змінена;
- $P \rightarrow$ – поле на вході або „поле діє“;
- $\rightarrow P$ – поле на виході або „поле добре піддається дії (зміні, виявленню, вимірюванню)“;
- P', P'' – стан поля на вході і виході (змінюються параметри, але не природа поля);
- P', P'' – стан речовини відповідно на вході і виході;
- $P' - P''$ – „змінна“ речовина, що перебуває то в стані P' , то в стані P'' (наприклад, під дією змінного поля);
- \tilde{P} – змінне поле.

У репольних формулах речовини потрібно записувати в рядок, а поля – зверху й знизу; це дає змогу наочніше відобразити дію кількох полів на одну й ту саму речовину.

Приклади. Відомий пристрій для заклинювання, що містить клин і клинову прокладку. При цьому клин важко витягти з прокладки. Потрібно запропонувати клин, що легко виймається. Відомий „пристрій“ для заклинювання, який містить клин і клинову прокладку; відрізняється тим, що, з метою полегшення виймання клина, клинова прокладка виконана з двох частин, одна з яких легкоплавка“ (а.с. СРСР № 428119).



Запишемо вирішення у репольній формі. Якщо ввести позначення: P_1 – клин; P_2 – клинова прокладка; P_3, P_4 – відповідно легкоплавка і неплавка частини клинової прокладки; Π – теплове поле, то схема вирішення матиме такий вигляд:

$$P_1 \rightsquigarrow P_2 \Rightarrow P_1 \leftrightarrow \overset{\Pi}{\bullet} P_3, P_4 \quad (6.1)$$

Припустимо, потрібний спосіб, що дає змогу швидко й точно визначати нещільності та мікротріщини в гідросистемах. Відомий „спосіб виявлення нещільностей і мікротріщин у гідросистемах; відрізняється тим, що, з метою підвищення точності визначення місць витікання, у рідину вводять люмінофор, освітлюють гідросистему в затемненому приміщенні ультрафіолетовими променями й визначають місця витікання за свіченням люмінофора в рідині, що просочується через нещільності та мікротріщини в трубопроводах“ (а.с. СРСР № 277805). Завдання розв’язується шляхом побудови подвійного реполя (реполь з двома полями):

$$P_1 \rightsquigarrow P_2 \Rightarrow P_1 \text{ --- } \overset{\Pi_1}{\bullet} P_2, P_3 \text{ --- } \underset{\Pi_2}{\bullet} \quad (6.2)$$

де P_1 – трубопровід; P_2 – рідина; P_3 – люмінофор; Π_1, Π_2 – відповідно ультрафіолетове й світлове поля.

Записи репольних перетворень можна зіставити із записами хімічних реакцій. Записуючи хімічну формулу речовини, ми відкидаємо багато властивостей, притаманних цій речовині. Хімічні формули нічого не говорять, наприклад, про магнітні та оптичні властивості речовини, його густину тощо. Відображаються лише властивості, принципово важливі для хімії; склад і структура молекул. Так само, записуючи репольну формулу ТС, ми відкидаємо всі властивості цієї системи, крім тих, які принципово важливі для її розвитку. Репольна форма запису відображає



6.2. Основні правила побудови й перетворення реполів

Репольний аналіз має аналогію з геометрією. Трикутник – мінімальна геометрична фігура. Будь-яку складнішу фігуру (квадрат, ромб, чотирикутник тощо) можна звести до суми трикутників. Саме тому вивчення властивостей трикутника виділено в особливу науку – тригонометрію. Реполь – система з трьох елементів – P_1 , P_2 , Π – відіграє в техніці таку ж фундаментальну роль, яку трикутник відіграє в геометрії. Знаючи правила побудови й перетворення реполів, можна розв’язувати важкі винахідницькі завдання.

Правило добудови реполя полягає в тому, що нерепольні системи (один елемент – речовина або поле) і неповні репольні системи (два елементи – поле й речовина, дві речовини) необхідно для підвищення їхньої ефективності й керованості добудовувати до повного реполя (три елементи – дві речовини і поле).

Приклад. Криві стовбури та сучки дерев рубають на тріски. Виходить суміш кусків кори та трісок деревини. Як відокремити куски кори від трісок деревини, коли вони дуже мало різняться за густиною та іншими характеристиками?

У завданні дано дві речовини, отже, щоб добудувати реполь, потрібно ввести поле. Величезний пошуковий простір різко звужується; треба розглянути всього кілька варіантів. По суті, якщо відкинути поля сильних і слабких взаємодій (у цьому завданні вони явно ведуть до дуже складних вирішень), лишаються два поля: електричне і гравітаційне. Враховуючи незначну відмінність у густині трісок, слід відразу відкинути і гравітаційне поле. Лишається одне поле – електромагнітне. Оскільки магнітне поле не діє на кору й деревину, можна відразу ставити вирішальний експеримент: як поведуться тріски в електричному полі? Виявляється, в електричному полі частинки кори заряджаються негативно, а деревини – позитивно. Це означає, що можна побудувати сепаратор, який забезпечує надійне розділення трісок і кори.



Правило про добудову комплексного реполя полягає в тому, що коли дано систему з двох речовин P_1 і P_2 , взаємодія між якими незадовільна, для підвищення ефективності системи шляхом добудови реполя замість речовини P_2 потрібно взяти комплекс із двох речовин (P_2 і P_3). Можливість будувати „комплексні“ реполі розширює сферу застосування правила про добудову реполя.

Приклади. Припустимо, що в попередньому прикладі тріски в електричному полі не електризуються. Завдання полягає в тому, щоб видалити один вид трісок. Отже, логічно вважати, що дано одну речовину, яку треба перемішати. Добудуємо реполь: додамо до цієї речовини пару „речовина і поле“. Наприклад, до роздроблення стовбура й гілок нанесемо на кору феромагнітні частинки, а потім – після дроблення – використаємо для сепарації магнітне поле. Це вирішення можна записати так:



$$P_1 \rightsquigarrow P_2 \Rightarrow P_1 \leftrightarrow \overset{\downarrow \Pi_m}{\bullet} (P_2, P_3) \quad (6.3)$$

Розглянемо ще один приклад. Для очищення повітря від немагнітного пилу застосовують фільтри, що являють собою пакет, утворений багатьма шарами металевої тканини або іншого матеріалу. Такі фільтри задовільно затримують пил, але саме тому потім їх важко очищати, доводиться часто вимикати фільтр і подовгу продувати його в зворотному напрямі, щоб вибити пил. Як бути?

Як фільтр стали використовувати феромагнітний порошок, що вміщений між полюсами магніту й утворює пористу структуру. Вимикаючи і вмикаючи магнітне поле, можна ефективно керувати фільтром. Пори фільтра можуть бути маленькими (коли ловлять пил) і великими (коли очищають фільтр). В умовах цього завдання вже описано репольну систему: є дві речовини P_1 (пил) і P_2 (матеріал фільтра), є поле $\Pi_{мех}$ (механічне поле сил, утворюваних потоком повітря). Вирішення полягає ось у чому: 1) P_2 роздробили, перетворивши на феромагнітний порошок P_ϕ ; 2) дію поля Π спрямували не на P_1 (виріб), а на P_ϕ (інструмент); 3) саме поле



стало не механічним $\Pi_{\text{мех}}$, а $\Pi_{\text{маг}}$ магнітним.

Вирішення можна записати так:

$$\begin{array}{ccc}
 \Pi_{\text{мех}} & & \Pi_{\text{маг}} \\
 \swarrow & & \swarrow \\
 P_1 \rightsquigarrow P_2 & \Rightarrow & P_1 \leftrightarrow P_\phi.
 \end{array} \quad (6.4)$$

Сильне вирішення дістали завдяки тому, що реалізоване правило розвитку реполів: із збільшенням ступеня дисперсності (дроблення) P_2 , (інструмента) ефективність реполя підвищується; дія поля на P_2 (інструмент) ефективніша від дії на P_1 (виріб); електричні (електромагнітні, магнітні) поля в реполях ефективніші від неелектричних (механічних, теплових і т.д.).

Правило руйнування реполів полягає в тому, що найефективнішим способом руйнування реполя виявляється шлях уведення в ТС третьої речовини, яка є видозміною однієї з двох наявних. Правило застосовують у тому разі, коли потрібно усунути шкідливу взаємодію двох об'єктів (речовин).

Приклад. По трубопроводу, що має складну форму (повороти), транспортують пневмопоток дрібні сталеві кульки. У місцях повороту трубопровід дуже спрацьовується всередині через удари транспортюваних кульок об стінки труби. Запропоновано в місцях повороту трубопроводу зовні встановлювати магніт (а.с. СРСР № 304356). При цьому зсередини на стінку в місцях згинів трубопроводу „налипає“ шар кульок, і рухомі кульки стикаються вже не зі стінкою трубопроводу, а з нерухомими кульками. Коли яку-небудь кульку вибито, її місце займає інша.

$$\begin{array}{ccc}
 \Pi_{\text{мех}} & & \Pi_{\text{маг}} \\
 \swarrow & & \swarrow \quad \searrow \\
 P_1 \rightsquigarrow P_2 & \Rightarrow & \left(P_1, P_3 \right) \rightsquigarrow P_2, \\
 & & \searrow \quad \swarrow \\
 & & \Pi_{\text{маг}}
 \end{array} \quad (6.5)$$

де P_1 , – транспортювані кульки; P_2 – трубопровід; $\Pi_{\text{мех}}$ – механічне поле (повітряний потік); P_3 – нерухомі кульки; $\Pi_{\text{маг}}$ – магнітне поле.



Цей приклад показує, чому, згідно з правилом, третя речовина, яку вводять, має бути видозміною однієї з двох наявних: треба, щоб третя речовина була і щоб її не було, тоді технічна система буде надійною, недорогою і працездатною.

Якщо в завданні треба зберегти наявний реполь і водночас увести нову взаємодію, вирішення слід знаходити за **правилом побудови ланцюгових реполів**. Його суть полягає в тому, що P_2 (інструмент) розгортається в неповний або повний реполь, приєднаний до наявного реполя. Іноді P_3 , у свою чергу, розгортається у реполь, що продовжує ланцюг.

Приклад. Металевий циліндр обробляється зсередини абразивним кругом, який у процесі роботи стирається. Як виміряти діаметр круга, не перериваючи шліфування й не виводячи круг із циліндра?

За умовами завдання вже дано реполь, причому „добрий“, потрібний: механічне поле Π_1 через круг P_2 (інструмент) діє на циліндр P_1 . Руйнувати цей реполь не вигідно, оскільки умови завдання не містять ніяких претензій до самого процесу. Для вирішення за правилом побудови ланцюгових реполів до P_2 треба приєднати таку речовину P_3 , яка змінює поле Π_2 залежно від стану P_3 і, отже, P_2 . У якості P_3 можна на торець круга нанести електропровідну смужку й через неї пропускати струм (Π_2), а за зміною опору можна робити висновки про зміну радіуса круга.

Схема вирішення:

$$\Delta \Rightarrow \Delta - P_3 \quad . \quad (6.6)$$

Якщо речовина має перетворювати одне поле на інше (або змінювати параметри поля), можна відразу визначити потрібний фізичний ефект, використовуючи просте правило: назва ефекту утворюється поєднанням назв двох полів. Наприклад:



$$\begin{array}{c} P_{\text{мех}} \\ \swarrow \\ -P \\ \searrow \\ P_{\text{маг}} \end{array} \quad (6.7)$$

На даний час на основі репольного аналізу розроблено близько 80 стандартних перетворень технічних систем.

6.3. Стратегічна лінія розвитку технічних систем

Внаслідок репольного аналізу багатьох високорозвинутих технічних систем встановлено загальну схему їхнього розвитку (рис. 6.1): нерепольні системи перетворюються на прості реполі, останні переходять у складні (подвійні, комплексні, ланцюгові), потім у форсовані реполі (з дисперсною речовиною P_2 , з електричним полем, згорнуті тощо) і феполі (реполі з феромагнітною речовиною). Це основна стратегічна лінія розвитку всіх технічних систем. Перетворення ТС на основній лінії їхнього розвитку (по горизонталі) здійснюються за правилами, викладеними в розділі 6.2.

На кожному етапі розвитку ТС по горизонталі можливий розвиток і по вертикалі: прості реполі (система) переходять у бі- або поліреполі (надсистема). Можливий перехід униз – на мікрорівень розвитку ТС (підсистема). Піднявшись угору або опустившись униз, ТС розвивається на рівні надсистеми або підсистеми через етапи в горизонтальному напрямі (складні реполі і т.д.). Після згортання ТС знову розвивається по головній (горизонтальній) стратегічній лінії, але на вищому якісному рівні.

Розглянемо розвиток ТС по вертикалі на конкретному прикладі вдосконалення вогнепальної зброї. Якщо дві або кілька одноствольних рушниць з індивідуальними бойовими механізмами (прості реполі) з'єднати між собою яким-небудь зв'язком, дістанемо досконалішу ТС – однорідні бі- або поліреполі.

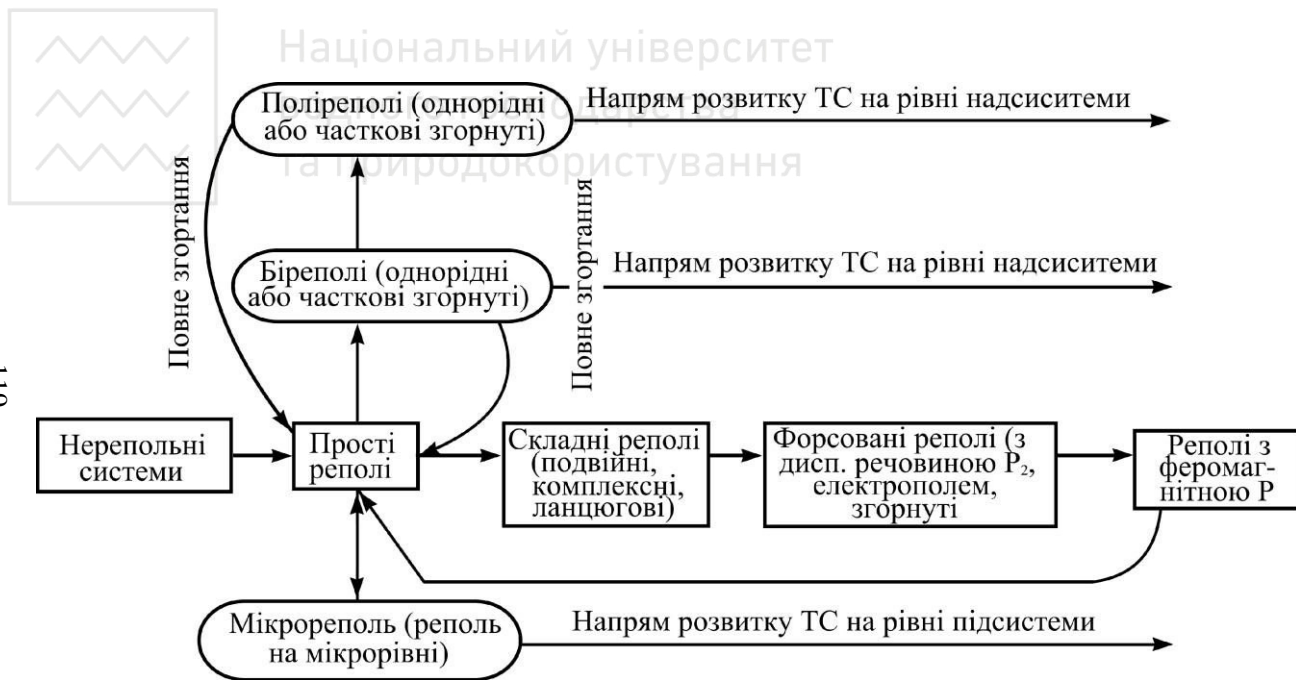
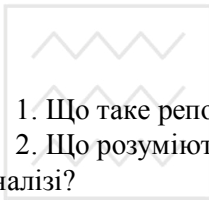


Рис. 6.1. Загальна схема розвитку ТС



Заміна індивідуальних бойових механізмів одним загальним (як у двоствольній рушниці) або обертовим (у багатоствольній рушниці) призводить до частково згорнутої бі- або полісистеми. Наслідком подальшого вдосконалення вогнепальної зброї стало винайдення якісно нової одноствольної рушниці, що працює за принципом поділу зарядів після пострілу (повністю згорнута бі- або полісистема – простий реполь). Отже, цикл замкнувся: простий реполь перетворився на реполь, який знаходиться на якісно вищому рівні розвитку. Подальший розвиток може йти як по горизонталі, так і по вертикалі.

Отже, усі ТС розвиваються по спіралі. Щоб підвищити стійкість і ефективність НТВ, потрібно ТС перетворювати по стратегічній лінії їхнього розвитку. Ця лінія вказує найкоротший шлях до ідеально-кінцевого результату.



Запитання для самоконтролю

1. Що таке реполь?
2. Що розуміють під термінами „речовина“, „поле“ в репольному аналізі?
3. Які позначення застосовують в репольному аналізі?
4. Правила запису репольних перетворень.
5. Правило добудови реполя.
6. Правило добудови комплексного реполя.
7. Правило руйнування реполів.
8. Правило побудови ланцюгових реполів.
9. Опишіть загальну схему розвитку ТС.



ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Виконання практичних завдань дозволяє студентам оволодіти наступними вміння:

- на практиці застосовувати методи і прийоми науково-технічної творчості для вирішення технічних задач з вдосконалення об'єктів машинобудування;
- прогнозувати розвиток технічних систем.

Практичне заняття 1. Прийоми психологічної активізації творчості (емпатія, інверсія, оператор РЧВ) (2 год)

1. Поняття психологічної інерції.
2. Форми психологічної інерції.
3. Емпатія.
4. Інверсія.
5. Оператор РЧВ.
6. Практичне вирішення конкретних технічних задач.

Рекомендована література: [1, 8, 11, 19, 30]

Практичне заняття 2. Мозковий штурм (2 год)

1. Історія виникнення мозкового штурму.
2. Правила проведення мозкового штурму.
3. Філософсько-психологічна концепція мозкового штурму.
4. Різновиди методу.
5. Практичне вирішення конкретної технічної задачі.

Рекомендована література: [8, 11, 19, 30, 36]

Практичне заняття 3. Морфологічний аналіз (2 год)

1. Суть методу морфологічного аналізу.
2. Послідовність використання методу.
3. Практичне вирішення конкретної технічної задачі.
4. Методика вибору найкращого варіанту вирішення технічної задачі.

Рекомендована література: [8, 11, 15, 19]



Практичне заняття 4. Алгоритм вирішення винахідницьких завдань (6 год)

1. Аналіз задачі.
2. Аналіз моделі задачі.
3. Визначення ідеально-кінцевого результату і фізичної суперечності.
4. Мобілізація і застосування речовинно-польових ресурсів.
5. Застосування інформаційних фондів.
6. Зміна і (або) заміна задачі.
7. Аналіз способу усунення фізичної суперечності.
8. Застосування отриманої відповіді.
9. Аналіз ходу вирішення задачі.

Рекомендована література: [1, 8, 11]





КОНТРОЛЬНІ ТЕСТОВІ ПРОГРАМИ

Тести на відповідність для складання змістового модуля 1. Основні поняття про теорію технічних систем. Методи пошуку технічних вирішень

Знайдіть відповідні визначення для кожного наведеного терміна.

№ з/п	Термін	Визначення	
1	2	3	
1	Технічна система	А	- сукупність упорядковано взаємодіючих елементів з властивостями, що не зводяться до властивостей окремих елементів, і призначена для виконання конкретних корисних функцій
2	Функція ТС	Б	- здатність виявляти свою властивість для задоволення потреби і цілеспрямованості при відповідних умовах, перетворювати предмет праці (виріб) у потрібну форму або величину
3	Структура ТС	В	- незмінна в процесі функціонування сукупність елементів і зв'язків між ними, які визначаються фізичним принципом здійснення корисної дії, що вимагається
4	Організація ТС	Г	- ознака ТС, коли між елементами утворюються об'єктивно закономірні, узгоджені, стійкі у часі зв'язки
5	Системний ефект	Д	- непропорційно велике підсилення (зменшення) властивостей, які є у елементів
6	Системна якість	Е	- поява нової властивості, якої не було в жодного з елементів до включення їх у систему
7	Психологічна інерція	Є	- напрям розв'язання завдання, що його підказує попередній досвід (інтуїція)
8	Оператор РЧВ	Ж	- серія мисленних експериментів, що дають змогу подолати уявлення про розмір, час дії й вартість об'єкта через зміну їх величин

1	2	3	
9	<i>R-група</i>	З	- пошук технічних вирішень проводиться „генератором ідей“, „критиком“, „ерудитом“
10	<i>Пріоритет винаходу</i>	И	- визначається датою надходження заяви в Укрпатент
11	<i>Евристика</i>	І	- вчення про методи пошуку технічних вирішень
12	<i>Методи неспрямованого пошуку</i>	Й	- мозковий штурм; - метод контрольних запитань; - метод фокальних об'єктів
13	<i>Методи спрямованого пошуку</i>	К	- метод десяткових матриць, - алгоритм розв'язання винахідницьких завдань, - узагальнений евристичний алгоритм пошуку технічних вирішень
14	<i>Метод контрольних запитань</i>	Л	- метод, в якому даються відповіді на список запитань
15	<i>Метод фокальних об'єктів</i>	Б	- метод, в якому переносяться ознаки випадково вибраних об'єктів на вдосконалюваний об'єкт
16	<i>Метод мозкового штурму</i>	Н	- метод, в якому група людей генерує ідеї без критики, а інша аналізує висловлені ідеї
17	<i>Метод синектики</i>	О	- метод, в якому навчені дослідники використовують аналогії й асоціації
18	<i>Емпатія</i>	П	- вживання дослідника в образ удосконалюваного технічного об'єкта
19	<i>Метод морфологічного аналізу</i>	Р	- метод, в якому застосовують систематичне дослідження всіх надуманих варіантів вирішення, що впливають з будови технічного об'єкта
20	<i>Теорія вирішення винахідницьких завдань</i>	С	- метод, що містить алгоритм розв'язання винахідницьких завдань, прийоми подолання технічних, фізичних суперечностей та репольний аналіз

1	2	3	
21	Технічна суперечність	Т	- при поліпшенні одного параметру ТС неприпустимо погіршується інший параметр ТС
22	Фізична суперечність	У	- до однієї й тієї частини ТС ставляться взаємопротилежні вимоги
23	Статичні закони розвитку ТС	Ф	- повноти частин системи; - енергетичної провідності системи; - узгодження ритміки частин системи
24	Кінематичні закони розвитку ТС	Х	- етапності розвитку ТС і перехід в надсистему; - витискання людини з ТС; - нерівномірності розвитку частин системи; - збільшення ступеня ідеальності системи; -розгортання-згоргання ТС
25	Динамічні закони розвитку ТС	Ц	- збільшення ступеня динамічності та керованості ТС; - переходу з макро-рівня на мікрорівень; - узгодження-роз-узгодження ТС

Тести на відповідність для складання змістового модуля 2. Рівні творчої діяльності. Фізичні ефекти та явища. Фонди технічних вирішень, евристичних прийомів. Репольний аналіз

Знайдіть відповідне визначення для кожного наведеного терміна.

№ з/п	Термін	Визначення	
1	2	3	
1	Відкриття	А	- встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу, що вносять докорінні зміни в рівень знань
2	Винахід	Б	- абсолютно нове, що має суттєві відмінності, технічне вирішення задачі в будь-якій галузі народного господарства, соціально-культурного будівництва або оборони країни, що дає позитивний ефект

1	2	3	
3	Корисна модель	В	- результат творчої діяльності людини в галузі техніки і технологій, який пов'язаний з внутрішнім розташуванням, компоновкою елементів та їх зв'язками того або іншого пристрою
4	Раціоналізаторська пропозиція	Г	- технічне вирішення, що має відносну новизну й корисне для тієї організації, куди його подано
5	Результат застосування електрогідравлічного способу силової дії	Д	- силова взаємодія ударної хвилі на різні предмети, шумовий і світловий ефекти
6	Результат застосування електроіскрової обробки металів	Е	- електрична іскра, висока температура і ударна дія, які руйнують метал у місці її проскакування
7	Результат застосування електричного вибуху металевих провідників	Є	- силова дія продуктів вибуху на різні предмети, теплова дія, шумовий і світловий ефекти тощо
8	Результат застосування електроерозійного руйнування металів	Ж	- оплавлення металу і викид розплаву в рідину
9	Результат застосування електрохімічного осадження металу	З	- осадження будь-якого металу або сплаву на заздалегідь підготовлену форму деталі
10	Результат застосування дії ультразвуку на різні об'єкти	И	- розробка ґрунту, обробка твердих матеріалів, очищення деталей від забруднення, визначення дефектів у виробі
11	Результат застосування вибухового способу силової дії	І	- силова взаємодія вибухової хвилі з виробами
12	Результат застосування гіроскопічного ефекту	Й	- стабілізація різних пристроїв на рухомих об'єктах

1	2	3	
13	Результат застосування постійних магнітів	К	- притягання феромагнітних матеріалів, створення постійних магнітних полів
14	Результат застосування біметалів	Л	- пружна деформація (згинання, кручення тощо)
15	Результат застосування нітинолу	Б	- відновлення початкової форми
16	Результат застосування оптичного скловолокна	Н	- передача світлового сигналу по світловоду (подібно до електроструму по проводах)
17	Результат застосування магнітно-стрикційних матеріалів	О	- механічні коливання; - зміна намагніченості
18	Результат застосування п'єзокераміки	П	- знакозмінна електрична поляризація; - механічні коливання кристала
19	Результат застосування люмінофорів	Р	- випромінювання видимого світла
20	Результат застосування пористих матеріалів	С	- здатність пропускати або вбирати й зберігати рідину та газу
21	Результат застосування колоїдного розчину феромагнітних частинок	Т	- оборотна зміна в'язкості, твердження
22	Результат застосування рідких кристалів	У	- зміна оптичних властивостей, поворот площини поляризації
23	Результат застосування композиційних матеріалів	Ф	- задані властивості готових виробів (легкість, жорсткість, міцність тощо)
24	Евристичний прийом	Х	- коротка вказівка того, які перетворення потрібно провести, щоб розв'язати суперечність
25	Реполь	Ц	- мінімальна технічна система, утворена двома речовинами (виробом, інструментом) і полем



Прізвище та ініціали студента _____
Спеціальність _____
Курс, група _____
Дата тестування _____
Набрано балів _____
Загальна оцінка _____

Умови проведення тестування

Знайдіть відповідне визначення для кожного наведеного терміна та впишіть у клітинку літеру, яка відповідає Вашій відповіді на тестове запитання. За кожну правильну відповідь нараховується один бал.

Змістовий модуль 1. Основні поняття про теорію технічних систем. Методи пошуку технічних вирішень

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Правильних відповідей _____
Набрано балів _____
Оцінка _____

Змістовий модуль 2. Рівні творчої діяльності. Фізичні ефекти та явища. Фонди технічних вирішень, евристичних прийомів. Репольний аналіз.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Правильних відповідей _____
Набрано балів _____
Оцінка _____



Автор винаходу або раціоналізаторської пропозиції – особа, творчою працею якої створений винахід (раціоналізаторська пропозиція); не може бути визнана особа, що не брала участі в його створенні.

Адміністративна суперечність (АСуп) – суперечність, при якій відомо, що треба зробити, але не відомо, як це зробити.

Відкриття – встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей та явищ матеріального світу, що вносять докорінні зміни в рівень знань.

Винахід – абсолютно нове, що має суттєві відмінності, технічне вирішення задачі в будь-якій галузі народного господарства, соціально-культурного будівництва або оборони країни, що дає позитивний ефект.

Евристика – вчення про методи пошуку технічних вирішень.

Емпатія (особиста аналогія) – ототожнення себе з технічним об'єктом. Людина, розв'язуючи завдання, вживається в образ удосконалюваного об'єкта, намагаючись з'ясувати почуття, відчуття, що виникають при цьому, тобто „відчути“ завдання.

Закон повноти частин системи – необхідною умовою принципової життєздатності ТС є наявність і мінімальна працездатність основних частин системи (двигуна, трансмісії, робочого органа й системи керування).

Закон енергетичної провідності системи – неодмінною умовою принципової життєздатності ТС є наскрізне проходження енергії через всі частини системи.

Закон узгодження ритміки частин системи – неодмінною умовою принципової життєздатності ТС є узгодження ритміки (частоти коливань) усіх частин системи.

Закон етапності розвитку ТС і переходу в надсистему – вичерпавши можливість розвитку, система включається в надсистему як одна з її частин; при цьому подальший розвиток іде на рівні надсистеми.



Закон витискання людини із ТС – у своєму розвитку техніка поступово бере на себе функції людини, наближуючись до повних систем, які функціонують без втручання людини.

Закон нерівномірності розвитку частин системи – частини системи розвиваються нерівномірно: чим складніша система, тим нерівномірніший розвиток її частин.

Закон збільшення ступеня ідеальності системи – усі системи розвиваються в напрямі збільшення ступеня ідеальності. Ідеальна ТС – це система, маса, об'єм і площа якої прямують до нуля, при цьому її здатність виконувати роботу не зменшується.

Закон розгортання-згортання ТС – у реальних ТС підвищення ідеальності здійснюється як шляхом розгортання, коли збільшення кількості та якості виконуваних корисних функцій досягається за рахунок ускладнення системи, так і згортання, тобто спрощення системи при збереженні або збільшенні кількості та якості корисних функцій.

Закон збільшення ступеня динамічності та керованості системи (або збільшення ступеня репольності) – розвиток ТС йде в напрямку збільшення ступеня дисперсності, гнучкості і рухомості, тобто підвищення ступеня динамічності і керованості.

Закон переходу з макро- на мікрорівень – розвиток робочих органів йде спочатку на макро-, а потім на мікрорівні.

Закон узгодження - розузгодження ТС – технічні системи проходять послідовно чотири етапи узгодження - розузгодження параметрів, які забезпечують їх ефективне функціонування.

Ідеально-кінцевий результат (ІКР) – це така ТС, якої не існує, але основні функції якої виконуються.

Корисна модель – результат творчої діяльності людини в галузі техніки і технологій, пов'язаний з внутрішнім розташуванням, компоновкою елементів та їх зв'язками того або іншого пристрою. Корисна модель має відносну (у межах однієї країни) новизну.

Метод контрольних запитань – за допомогою навідних запитань винахідник підводиться до розв'язання завдання. Суть методу полягає в тому, що винахідник відповідає на запитання, які



містяться в списку, аналізуючи своє завдання в зв'язку з цими запитаннями.

Метод фокальних об'єктів – ґрунтується на перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на вдосконалюваний об'єкт, що лежить ніби у фокусі перенесення, внаслідок чого виходять незвичайні поєднання, які дають змогу подолати психологічну інерцію.

Метод мозкового штурму – метод, у якому поділені етапи генерування і критичного аналізу ідей у часі. У процесі беруть участь люди різних спеціальностей, ідеї висловлюються вільно, без критики.

Метод синектики – професійний мозковий штурм, який проводять, використовуючи аналогії й асоціації.

Метод морфологічного аналізу – метод застосовують для розв'язання конструкторських завдань загального плану; полягає в систематичному дослідженні всіх надуманих варіантів вирішення, які випливають із морфології (будови) технічного об'єкта.

Метод „матриць відкриття“ – близький до морфологічного аналізу, але має свої особливості: у спрощеному вигляді суть методу полягає в побудові таблиці, у якій перехрещуються два ряди характеристик.

Метод десяткових матриць – суть методу полягає в побудові таблиці з двома рядами характеристик, що перехрещуються, – по горизонталі 10 евристичних прийомів (неологія, адаптація, мультиплікація, диференціація, інтеграція, інверсія, імпульсація, динамізація, аналогія, ідеалізація), а по вертикалі – 10 основних показників ТС (геометричні; фізико-механічні; енергетичні; конструкційно-технологічні; надійність і довговічність; експлуатаційні; економічні; ступінь стандартизації й уніфікації; зручності обслуговування й безпеки; художньо-конструкторські показники). Застосування одного з прийомів до зміни одного з параметрів дає простір для нових асоціацій у пошуку нових ТВ.

Оператор РЧВ – це серія мислених експериментів, що дають змогу подолати звичні уявлення про розмір, час дії й вартість об'єкта через зміну їх величини від заданої до нуля і потім до нескінченності.



виникає тоді, коли між елементами утворюються об'єктивно закономірні, узгоджені, стійкі у часі зв'язки (відносини); при цьому одні властивості (якості) елемента висувуються на перший план (працюють, реалізуються, посилюються), а інші обмежуються, гасяться, маскуються.

Пріоритет винаходу – дата надходження заявки в Державне підприємство „Український інститут промислової власності“ (Укрпатент).

Психологічна інерція – напрям розв'язання завдання, що його підказує попередній досвід (інтуїція) винахідника під час розв'язання подібних завдань, слід розглядати як протилежність творчій уяві.

Раціоналізаторська пропозиція – технічне вирішення, що має відносну новизну й корисне для тієї організації, куди його подано.

„Р-групи“ – групи, що складаються з „генератора ідей“, „критика“ й „ерудита“, вважаються оптимальними для пошуку технічних вирішень.

Реполь – мінімальна технічна система, утворена двома речовинами (виробом, інструментом) і полем.

Системні властивості ТС – сукупні (інтегральні) властивості, які не дорівнюють властивостям елементів, що входять в систему і виникають тільки при створенні системи.

Структура (цілісність) ТС – незмінна в процесі функціонування сукупність елементів і зв'язків між ними, які визначаються фізичним принципом здійснення корисної дії, що вимагається.

Теорія вирішення винахідницьких завдань (ТВВЗ) – основний робочий інструмент у ТВВЗ – алгоритм вирішення винахідницьких завдань (АВВЗ) і система стандартів (правил). АВВЗ – евристична програма вирішення винахідницьких завдань як комплекс послідовно цілеспрямованих дій щодо виявлення й усунення технічних і фізичних суперечностей.

Для розв'язування завдань за АВВЗ ТВВЗ має: прийоми для подолання психологічних бар'єрів і виявлення технічних та фізичних суперечностей; власний метод аналізу й запису перетворень ТС –



репольний аналіз; інформаційний фонд (показчики застосування фізичних, хімічних і геометричних ефектів; банк типових прийомів усунення технічних і фізичних суперечностей).

Технічна суперечність (ТСуп) – суперечність, яка полягає в тому, що при поліпшенні відомими способами однієї частини (або одного параметра) ТС неприпустимо погіршується друга частина (або інший параметр).

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

Уява (фантазія) – політ думки в майбутнє, невідоме.

Фізична суперечність (ФСуп) – суперечність, при якій до однієї й тієї самої частини системи ставляться взаємно протилежні вимоги.

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

Функціонально-вартісний аналіз – в основному, метод раціоналізації, тобто вдосконалення конструкцій і процесів з метою зниження їхньої вартості й затрат переважно без зміни основних принципів, покладених в основу технічного об'єкта.



ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Адаптація, 39
Аналогія, 40
- пряма, 35
- особиста, 35
- символічна, 35
- фантастична, 35
Біоніка, 108
Відкриття, 68
Винахід, 68
- пріоритетність, 21
Групи евристичних прийомів, 89
- кількісні перетворення, 88
- комбінування, 109
- перетворення в часі, 93
- перетворення за аналогією, 107
- перетворення матеріалу, 96
- перетворення руху елементів, 94
- перетворення у просторі, 90
- перетворення форми елементів, 89
- перетворення шляхом виключення, 98
- перетворення шляхом використання резервів, 106
- перетворення шляхом диференціації, 104
- перетворення шляхом додавання, 99
- перетворення шляхом заміни, 100
- перетворення шляхом інтеграції, 105
- перетворення шляхом профілактичних заходів, 103
Динамізація, 40
Диференціація, 40
Евристика, 21
Евристичний прийом, 88
- групи, 89
Емпатія, 32, 35
Закон,
- витискання людини із технічної системи, 63
- енергетичної провідності системи, 59
- етапності розвитку технічних систем, 60
- збільшення ступеня динамічності, 65
- збільшення ступеня ідеальності системи, 64
- нерівномірності розвитку частин системи, 63
- переходу з макро- на мікрорівень, 66
- повноти частин системи, 58
- розгортання-згортання технічної системи, 64
- узгодження ритміки частин системи, 59
- узгодження-роз-узгодження, 66
Закони, 58
- динамічні, 58
- кінематичні, 58
- статичні, 58
Ідеалізація, 40
Ідеально-кінцевий



результат, 57

Інверсія, 40

Імпульсація, 40

Інтеграція, 40

Інтуїція, 15

Корисна модель, 68

Метод, 21

- аналізу потенційних змін
властивостей елементів
системи, 51

- десятикових матриць, 39

- контрольних запитань, 25

- матриць відкриття, 39

- мозкового штурму, 31

- морфологічного

аналізу, 37

- організуючих понять, 40

- семикратного пошуку, 40

- синектики, 33

- систематичної

евристики, 46

- узагальнений евристичний
алгоритм, 46

- фокальних об'єктів, 30

Мультиплікація, 39

Натхнення, 15

Неологія, 39

Нітинол, 82, 85

Оператор РЧВ, 17

Осяяння, 15

Психологічна інерція, 16

Раціоналізаторська
пропозиція, 68

Р-група, 20

Реполь, 111

- комплексний, 115

- ланцюговий, 117

- правила побудови, 114

Синектика, 33

Співавторство, 21

Суперечності, 55

- адміністративні, 55

- технічні, 55

- фізичні, 55

Теорія вирішення

винахідницьких завдань, 42

Технічна система, 7

- властивості, 12

- діалектика, 55

- закони, 58

- ознаки, 8

- організація, 11

- структура, 8

- функція, 8

Уява, 15

Фізичні ефекти, 72

- електрогідролічний, 72

- електроосмос, 75

- кавітаційний, 73

- капілярні явища, 75

- неспрацьовуваності, 75

- постійного

високовольтного

електричного поля, 76

- прецесіюючого руху, 76

- ультразвуковий

капілярний, 75

- ультразвуковий

коливання, 76

Фонд технічних вирішень, 77

Функціонально-вартісний
аналіз, 41



БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука / Г. С. Альтшуллер. – М. : Сов. радио, 1979. – 184 с.
2. Альтшуллер Г. С. Крылья для Икара / Г. С. Альтшуллер, А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск : Карелия, 1980. – 224 с.
3. Баловнев В. И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия / В. И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1981. – 223 с.
4. Буш Г. Я. Основы эвристики для изобретателей: в 2-х ч. / Г. Я. Буш. – Рига : Знание, 1977. – 87 с.
5. Гарнець В. М. Методологія створення машин: навч. посібник / В. М. Гарнець, А. В. Безух. – К. : «Хай-Тек Прес», 2010. – 376 с.
6. Голубенко А. Л. Теория технических систем: учебное пособие / А. Л. Голубенко, А. С. Петров, А. Л. Кашура. – К. : Арістей, 2004. – 240 с.
7. Журахівський А. В. Основи технічної творчості та наукових досліджень: навч. посібник / А. В. Журахівський, А. Я. Яцейко, Н. Б. Дьяченко. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 380 с.
8. Косіюк М. М. Основи науково-технічної творчості: навч. посібник / М. М. Косіюк, Г. П. Черменський. – Хмельницький : Поділля, 1998. – 415 с.
9. Косіюк М. М. Практикум з курсу «Основи науково-технічної творчості» / М. М. Косіюк, Г. П. Черменський. – Хмельницький : Поділля, 1998. – 280 с.
10. Косяк О. В. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теорія технічних систем» для студентів за напрямом підготовки 6.050503 «Машинобудування» професійного спрямування – «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання», «Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів» / О. В. Косяк. – Рівне : НУВГП, 2010. – 28 с.
11. Кравець С. В. Основи технічної творчості в будівельному і меліоративному машинобудуванні / С. В. Кравець. – К. : НМКВО, 1990. – 123 с.
12. Кравець С. В. Грунтозахисні та енергозберігаючі машини

(Основи теорії, проектування та створення) / С. В. Кравець. – Рівне : РДТУ, 1999. – 277 с.

13. Кравець С. В. Машины для водного хозяйства: учебник / С. В. Кравець, В. С. Зінь, О. В. Маркова і ін. – Рівне : НУВГП, 2006. – 348 с.

14. Кравець С. В. Дослідження робочих процесів машин та методи їх оптимізації: навч. посібник / С. В. Кравець, О. П. Лук'янчук, О. Ю. Тимейчук. – Рівне : НУВГП, 2011. – 240 с.

15. Кузнецов Ю. Н. Морфологический синтез станков и их механизмов: монография / Ю. Н. Кузнецов, Ж. А. Гера Хамуйела, Т. О. Хамуйела; под ред. Ю. Н. Кузнецова. – К. : ООО «Гнозис», 2012. – 416 с.

16. Кузнецов Ю. М. Теорія технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, І. В. Луців, С. А. Дубиняк; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К. : – Тернопіль, 1998. – 310 с.

17. Кузнецов Ю. М. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К. : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. – 323 с.

18. Кузнецов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач / Ю. М. Кузнецов. – К. : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2003. – 294 с.

19. Кузнецов Ю. М. Теорія технічних систем: підручник / Ю. М. Кузнецов, Ю. К. Новосолов, І. В. Луців. – Севастополь : СевНТУ, 2011. – 246 с.

20. Кузнецов Ю. М. Патентознавство та авторське право: підручник / Ю. М. Кузнецов. – К. : Кондор, 2009. – 446 с.

21. Ловейкін В. С. Теорія технічних систем / В. С. Ловейкін, І. І. Назаренко, О. Г. Онищенко. – Київ – Полтава : ІЗМН – ПДТУ, 1998. – 175 с.

22. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций / [С. В. Кравец, Н. Д. Каслин, В. К. Руднев, В. Н. Супонев; под ред. В. К. Руднева]. – Харьков : ООО «Фавор», 2008. – 256 с.

23. Методы поиска новых технических решений / [под ред. А. И. Половинкина]. – Йошкар-Ола : Маркнигоиздат, 1976. – 192 с.

24. Мигаль В. Д. Теорія і методи наукової творчості: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2007. – 424 с.

25. Новиков А. Н. Синтез новых технических решений



дорожно-строительных машин и оборудования / А. Н. Новиков. – М. : МАДИ, 1981. – 32 с.

26. Орлов М. А. Азбука ТРИЗ. Основы изобретательного мышления / М. А. Орлов. – М. : Солон-Пресс, 2010. – 208 с.

27. Орлов М. А. Основы классической ТРИЗ. Практическое руководство для изобретательного мышления/ М. А. Орлов. – М. : Солон-Пресс, 2006. – 432 с.

28. Орлов М. А. Первичные инструменты ТРИЗ / М. А. Орлов. – М. : Солон-Пресс, 2010. – 128 с.

29. Петров В. М. Фундаментальные основы теории решения изобретательских задач / В. М. Петров. – Тель-Авив, 2003. – 583 с.

30. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.

31. Саламатов Ю. П. Система развития законов творчества / Ю. П. Саламатов // Шанс на приключение / А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск : Карелия, 1991. – С. 5–174.

32. Справочник по функционально-стоимостному анализу / [Ковалев А. П., Моисеева Н. К., Сысун В. В. и др.] ; под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 431 с.

33. Філософія: Підручник / [за заг. ред. М. І. Горлача, В. Г. Кременя, В. К. Рибачка]. – Х. : Консум, 2000. – 672 с.

34. Хмара Л. А. Актуальные направления научных исследований в области совершенствования землеройной, строительной и дорожной техники. / Л. А. Хмара // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сборник научных трудов. Вып. 26. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. – Днепропетровск : ПГАСА, 2004. – С. 5–18.

35. Хелемендик М. М. Теорія технічних систем АПК: навч. посібник / М. М. Хелемендик, Г. І. Люлька, І. М. Хелемендик; під ред. М. М. Хелемендика. – Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2003. – 196 с.

36. Чус А. В. Основы технического творчества / А. В. Чус, В. Н. Данченко. – Донецк : Выща шк., 1983. – 184 с.

37. altshuller.ru/ Официальный фонд Г. С. Альтшуллера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altshuller.ru> – Назва з екрану.

38. wiki/ Основы ТРИЗ. – Викиучебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.wikibooks.org/wiki/> – Назва з екрану.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

*Кравець Святослав Володимирович
Нечидюк Анатолій Анатолійович
Романовський Олександр Леонтіївич*

ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Навчальний посібник



*Літературний редактор
Комп'ютерна верстка
Технічний редактор
Дизайн обкладинки*

*Людмила Ступчук
Тетяна Матюшина
Галина Сімчук
Тетяна Жаранова*

Підписано до друку 24.12.2014 р. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Папір друкарський № 1. Гарнітура Times. Друк різнографічний.
Ум.-друк. арк. 8,1. Обл.-вид. арк. 8,4.
Тираж 300 прим. Зам. № 4404.

*Видавець і виготовлювач
Редакційно-видавничий відділ
Національного університету
водного господарства та природокористування
33028, Рівне, вул. Соборна, 11.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*