

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

Б.М. Бойченко, Л.С. Молчанов, Є.В. Синегін

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

ЧАСТИНА 1

Затверджено Вченою радою НМетАУ
як навчальний посібник для студентів спеціальності
136 – Металургія (бакалаврський рівень)
Протокол № 1 від 26.01.2015

Дніпро НМетАУ 2019

УДК 669.18

Основи технічної творчості. Частина 1: Навчальний посібник для студентів спеціальності 136 – металургія (бакалаврський рівень) / Укл.: Б.М. Бойченко, Л.С. Молчанов, Є.В. Синегін. – Дніпро: НМетАУ, 2019. – 53 с.

Викладено загальні положення особливостей технічної творчості у сфері чорної металургії.

Призначені для студентів напряму 136 – металургія (бакалаврський рівень).

Укладачі: Б.М. Бойченко, докт. техн. наук, професор
Л.С. Молчанов, канд. техн. наук, доцент
Є.В. Синегін, канд. техн. наук, ст. викладач

Відповідальний за випуск Б.М. Бойченко, д-р техн. наук, проф.

Рецензенти А.Г. Чернятевич, д-р техн. наук, проф. (Інститут чорної металургії НАН України ім. З.І. Некрасова)
Є.М. Сігарьов, д-р техн. наук, проф. (Дніпровський державний технологічний університет)

© Б.М. Бойченко, Л.С. Молчанов, Є.В. Синегін

© Національна металургійна академія України, 2018

Підписано до друку 14.08.17. Формат 60×84 1/10. Папір друк. Друк плоский. Облік.-вид. арк. 2,11. Умов. друк. арк. 2,09. Тираж 100 пр. Замовлення № 133.

Національна металургійна академія України
49600, м. Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

ЗМІСТ

1. Потреби, цілі й інструменти творчості	4
2. Класифікація і оцінка методів творчості.....	9
3. Метод контрольних питань	10
4. Морфологічний аналіз	11
5. Метод фокальних об'єктів.....	12
6. Мозковий штурм.....	13
7. Синектика	14
8. Протиріччя в технічних системах і принципи їх вирішення	18
8.1. Речовинно-польовий аналіз.....	20
8.2. Типові принципи розв'язання технічних протиріч та приклади їх використання.....	26
8.3. Фізичні ефекти і їх застосування.....	41
8.4. Застосування хімічних ефектів	46
8.5. Геометричні ефекти та їх застосування	49
Рекомендована література	52

1. ПОТРЕБИ, ЦІЛІ Й ІНСТРУМЕНТИ ТВОРЧОСТІ

Ефективний розвиток кожної людини і всього суспільства йде в наш час в напрямку збільшення кількості і глибини загальнолюдських цінностей. Одними з найважливіших з них є знання. Найбільш загальні поняття, що використовуються в них, в філософії мають назву категорій. Напрямок конкретизації факторів соціально-економічного розвитку визначається системою наступних категорій (рис. 1.1):

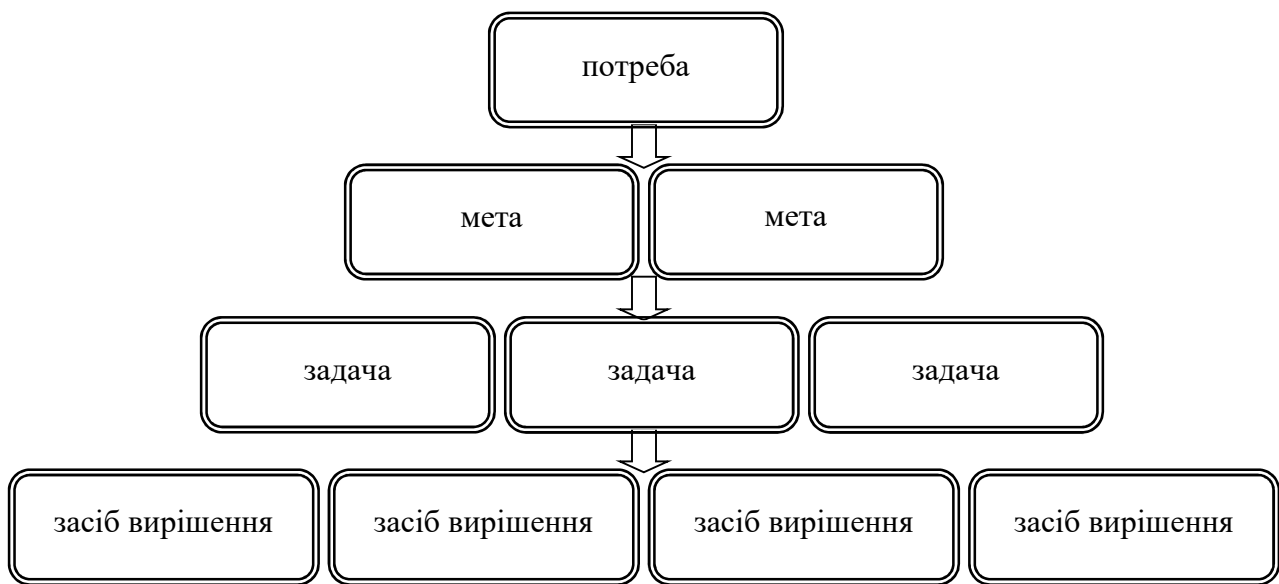


Рисунок 1.1 – Схема ієрархії факторів соціально-економічного розвитку

У цій системі кожна попередня категорія носить більш загальний характер і тому значно ширше наступної. Як видно, категорія "потреба" по своєму значенню займає в цій системі найбільш високе місце.

Розгляд дисципліни «Основи технічної творчості» з позиції наведених категорій дозволяє попередньо охарактеризувати найбільш нове і важливе в цьому конспекту. Перш за все, підвищується від кінця до початку наведеного "ланцюга" категорій значення результатів творчості. Так, наприклад, добре, якщо людина придумала новий спосіб вирішення відомої задачі. Але важливіше, творчо сильніше (а значить – і прибутковіше) знайти нову задачу. Ще більш важливо (і для суспільства, і для творця) – побачити нову мету. І, нарешті, надзвичайно важливо – знайти, тобто передбачити і спрогнозувати нову потребу.

Саме передбаченням нових потреб пояснює багато в чому надзвичайно швидке (в історичному масштабі часу) формування таких принципово нових областей техніки, як радіо, телефонний зв'язок, телебачення, комп'ютерна інженерія. Іншою причиною такої швидкості було створення відкриттів і піонерних (тобто перших, сильних, початкових) винаходів, що лежать в основі названих областей, а потім розвиток їх багатьма іншими. Осмислено чи інтуїтивно творці подібних піонерних винаходів іноді вгадують майбутні потреби, направляють саме на них свої зусилля і отримують дуже сильні творчі рішення. Саме так часто створюються проривні досягнення науково-технічного прогресу (НТП). Хоча буває і так, що те чи інше відкриття або сильний винахід створюються передчасно, а потреба в них з'являється лише через багато років. І лише тоді і усвідомлюється значення цього нововведення, починається його впровадження.

Провідна вимога науково-технічного прогресу – винаходити не те, що хочеться або виходить, а те, що потрібно, – характерно для будь-якої економіки. Але ця вимога стає особливо значущою тепер, в умовах ринкової економіки, з такими її основними механізмами, як співвіднесення попиту та пропозиції і конкуренція виробників продукції.

При вивченні потреб слід мати на увазі, що існує закон безперервного піднесення потреб, що означає, що в процесі розвитку на зміну потреб первинних і простіших приходять потреби все більш складні та більш високого порядку. Так, все ускладнюються давно відомі прості потреби – в їжі, житлі, дозвіллі, – і з'являються нові складні потреби: в більш ефективних засобах духовно-інтелектуального розвитку людини, комунікації та отриманні інформації. Таким чином, потреби в творчості в цілому складають систему та визначають зв'язок творчості як суспільного явища і механізму розвитку з навколишнім світом, обумовлюють зміст їх взаємовпливу і взаємодій. А найголовніше – сьогодні і в перспективі все більше змінюється характер потреб в творчості і в його результатах. Це залежить від того, що на зміну економіці речей йде економіка знань або інноваційна економіка. Найважливішим фактором останньої стає створення, освоєння та / або продаж нових розробок в області техніки й технологій, тобто об'єктів інтелектуальної власності. При цьому потрібно не просто все більше нових творчих розробок, а й, перш за все, – найбільш сильних, тобто тих, що володіють дуже високою ефективністю, так званих – проривних. А також необхідне максимальне скорочення часу їх

створення і освоєння – при одночасному можливо більшому зниженні сукупних витрат. Таким чином, найважливішими трьома вимогами до процесу творчості і до його результатів стають їх:

- посилення (тобто підвищення рівня, а значить і ефективності);
- прискорення;
- здешевлення.

Сукупність цих вимог визначає гостроту потреби в активізації творчості!

Інструменти розвитку грають у творчості часто визначальну роль. І тому заміна "методу проб і помилок" системою сильних методів – інструментів творчості (зокрема таких, як комплекси теорії розв'язання винахідницьких задач – ТРВЗ, функціонально-вартісного або системного аналізу – ФВА та ін.) підвищує в кілька разів продуктивність і рівень (якість) результатів творчої праці. Наприклад - інженерів.

В даному посібнику представлений сучасний системний набір як основних знань креатології, так й інструментів підвищення ефективності творчості, що базуються на них, та управління ними. У цей набір входять як самі загальні знання основ творчості (що допомагають орієнтуватися в його процесах і приймати обґрунтовані рішення щодо вибору та використання тих чи інших ефективних інструментів пошуку і саморегуляції), так і необхідні спеціальні знання – про самі інструменти (і технології їх застосування). У тому числі: про універсальні та типові прийоми вирішення протиріч, про методи аналізу та синтезу рішень, про відповідні алгоритми, що їх об'єднують, про методи виявлення і використання (для вирішення проблем) неявних вільних ресурсів, про спеціальні інформаційні фонди (вже знайдених сильних рішень, винахідницьких ефектів і т.п.), про комп'ютерні програми управління пошуком, його підтримки та ін. Разом з правилами і рекомендаціями щодо вибору методів творчості всі вони становлять найсильніший сучасний – золотий фонд інструментарію творчого пошуку.

Для вирішення проблеми людина спочатку згадує, шукає відомий, традиційний спосіб вирішення, зазвичай в області своїх професійних знань або досвіду. Не знайшовши, або не згадавши потрібних в даному випадку знань, людина зазвичай починає шукати рішення за допомогою компромісів. Проте часто такі рішення, особливо складних проблем, є або неприйнятними взагалі, або слабкими, малоефективними. Оцінивши безперспективність і цього шляху,

фахівець здійснює пошук нового способу дії, що задовольняє, в кінцевому рахунку, потребу, яка виникла, причому способом, що забезпечує саме розв'язання суперечності. В цьому випадку зазвичай діяльність людини стає дуже продуктивною, по-справжньому творчою. Таким чином, творчість виступає тут як творча і розвиваюча діяльність, що включає послідовно три її складові або межі:

- виявлення протиріччя, нерідко – в процесі його формулювання;
- розв'язання суперечності, спочатку зазвичай – на рівні ідеї;
- розвиток ідеї до рівня реалізованого рішення (завдання або проблеми в цілому) або розвиток об'єкта.

Зазначені три дії (виявлення - розв'язання - розвиток) складають основний зміст творчої діяльності і є її відмінними ознаками. Найважливішою, визначальною серед них є розв'язання суперечності в процесі пошуку ідеї. Отже, дамо загальне визначення творчості:

ТВОРЧИСТЬ – це створення об'єктивного нового і корисного (об'єкта) та / або його розвиток в умовах неповноти інформації.

Наведені переліки факторів багато в чому розкривають сутність і зміст такої складної категорії, як творчість. Цей зміст обумовлює можливість обґрунтованого формування таких коротких робочих визначень творчості, що відповідають трьом розглянутим формам прояву його сутності:

А. Творчість – це стан людини, що сприяє прояву її вищих здібностей.

Б. Творчість – це процес створення нового і корисного об'єкта та / або розвитку його в умовах неповноти інформації.

В. Творчість – це механізм розвитку людини, інших об'єктів творчого перетворення і / або підприємства, фірми, регіону, суспільства, держави.

Ступінь оригінальності, новизни, корисності, цінності технічного рішення характеризує його творчий рівень, частку творчого акту в процесі рішення задачі. Усі винахідницькі задачі умовно розділяють на 5 рівнів (5-й рівень - найвищий). Творчий процес складається з декількох стадій, кожна з яких може бути пройдена на одному з п'яти рівнів. Можна вважати характерним для

1 рівня: використання готового об'єкта з іншої галузі виробництва майже без вибору;

- 2 рівня: вибір одного об'єкта з декількох;
- 3 рівня: часткова зміна обраного об'єкта;
- 4 рівня: створення нового об'єкта чи повна зміна вихідного;
- 5 рівня: створення нового комплексу об'єктів.

На 1 рівні задача і засоби її рішення знаходяться у межах однієї професії, розділу галузі. На 2 рівні – у межах однієї галузі. На 3 рівні – у межах однієї науки. На 4 рівні – за межами науки "задачодавальні". На вищих підрівнях 5 рівня – узагалі за межами сучасної науки.

Звичайний непослідовний процес мислення, безсистемний перебір можливих варіантів рішення задачі, названо методом "проб і помилок". Має місце сильний негативний вплив психологічної інерції на результати рішення задач цим методом. Проби звичайно робляться в напрямку "вектора психологічної інерції", тобто відповідно до старого досвіду і т.д., що у випадку винахідницької задачі грає, як правило, негативну роль.

Чим вище рівень винаходу, тим більшу кількість проб потрібно зробити для рішення задачі. Для рішення задачі 1-го рівня необхідно зробити 1-10 проб; 2-го рівня – 10; 3-го рівня – 100; 4-го рівня – 1000 і 5-го рівня – 10000 проб. Чим вище рівень винаходів, тим їх кількість менша, тому що на порядок вище трудомісткість вирішення задач (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Залежність кількості винаходів від їхнього творчого рівня

Винаходи 3-5 рівнів, що складають менш 25 % усіх реєстрованих винаходів, забезпечують якісну зміну техніки. Однак рішення задач цих рівнів є надзвичайно складним і трудомістким. Тому необхідна методика винахідництва, активізації творчого мислення.

2. КЛАСИФІКАЦІЯ І ОЦІНКА МЕТОДІВ ТВОРЧОСТІ

У таблиці 2.1 (класифікації) вказуються лише основна ознака групи методів і назви кожного методу. У той же час виділення основних принципів методології творчості, а також багато в чому обумовлених тим чи іншим методом видів мислення, дозволило якісно оцінити методи, що класифікуються, – за ступенем реалізації цих принципів і видів.

Таблиця 2.1

Класифікація та оцінка методів творчості

Групи основних методів, їх назви і автори	Переважаючий вид мислення, що активізується	Рівень вирішуваних даним методом задач
1. Систематизуючі		
1.1. Метод контрольних питань, різні автори	Логічно організоване	1-2
1.2. Морфологічний аналіз, Ф. Цвіккі	Логічно організоване, систематизуюче	1-2
1.3. Метод 14 операцій перетворень, Р. Коллер	Логічно організоване і інтуїтивне	1-2
1.4. Інженерно-вартісний аналіз, Л. Майлз	Логічно організоване, систематизуюче	1-2
2. Асоціативні		
2.1. Мозковий штурм, А. Осборн (та конференція ідей В. Гільде)	Асоціативне, уява	1-3
2.2. Метод каталогу, Ф. Кунце	Асоціативне, уява	1-2
2.3. Метод фокальних об'єктів, Ч. Вайтинг	Асоціативне, уява	1-3
2.4. Метод гірлянд випадковостей і асоціацій, Г. Буш	Асоціативне, уява	1-2
2.5. Синектика, В. Гордон	Асоціативне і логічно організоване	1-4
3. Програмні та комплексні		
3.1. Функціонально-вартісний аналіз, ФВА, Ю. Соболев	Логічно організоване, систематизуюче та інтуїтивне	1-2
3.2. Комплекс ТРВЗ, Г.С. Альтшулер (у тому числі прийоми ТРВЗ та РТВ, стандарти ТРВЗ, АРВЗ, ЗРТС, ВВР)	Всі види мислення	3-5
3.3. Комплекс ТРВЗ+ФВА (інтенсивна технологія творчості)	Всі види мислення	4-5

В таблиці 2.1 та подальшому описі надано не всі відомі методи технічної творчості, оскільки вони є або модифікаціями методів, що представлені в

таблиці, або відносяться до маловідомих та низькоефективних та практично не використовуються.

3. МЕТОД КОНТРОЛЬНИХ ПИТАНЬ

Мета методу контрольних питань (КП) – за допомогою навідних питань підвести до вирішення задачі. Списки таких питань пропонувалися багатьма авторами з 20-х років ХХ сторіччя.

Суть методу КП полягає в тому, що винахідник відповідає на питання, що містяться в списку, розглядаючи свою задачу в зв'язку з цими питаннями. У США найбільше поширення одержав список питань А. Осборна. У цьому списку 9 груп питань: що можна в технічному об'єкті зменшити, що можна в технічному об'єкті перевернути ? і т.п. Кожна група питань містить підпитання. Наприклад, питання "Що можна зменшити?" включає підпитання: чи можна що-небудь ущільнити, зжати, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, скоротити, звужити, відокремити, роздібнити?

Один з найбільш повних і вдалих списків питань належить англійському винахіднику Т. Ейлоарту. Список контрольних питань по Т. Ейлоарту:

- 1) Перерахувати всі якості і визначення винаходу, що передбачається. Змінити їх.
- 2) Сформулювати завдання ясно. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні завдання і аналогічні завдання. Виділити головні.
- 3) Перерахувати недоліки наявних рішень, їх основні принципи, нові припущення.
- 4) Накидати фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні й інші аналогії.
- 5) Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну та інші моделі (вони точніше виражають ідею, ніж аналогії).
- 6) Спробувати різні види матеріалів і енергії: газ, рідина, тверде тіло, гель, піну, пасту тощо; тепло, магнітну енергію, світло, силу удару тощо; різні довжини хвиль, поверхневі властивості тощо, перехідні стани – замерзання, конденсація, перехід через точку Кюрі тощо; ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея тощо.
- 7) Встановити варіанти, залежності, можливі зв'язки, логічні збіги.
- 8) Дізнатися думку деяких абсолютно необізнаних в цій справі людей.

- 9) Влаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи все та кожну ідею без критики.
- 10) Спробувати «національні» рішення: хитре шотландське, всеосяжне німецьке, марнотратне американське, складне китайське та ін.
- 11) Спати з проблемою, йти на роботу, гуляти, приймати душ, їхати, пити, їсти, грати в теніс – все з нею.
- 12) Бродити серед стимулюючої обстановки (звалище брухту, технічні музеї, магазини дешевих речей), передивитися журнали, комікси.
- 13) Накидати таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів та ін. різних рішень проблеми або її частин, шукати, проблеми в рішеннях або нові комбінації.
- 14) Визначити ідеальне вирішення, розробляти можливі.
- 15) Видозмінити вирішення проблеми з погляду часу (швидше або повільніше), розмірів, в'язкості та ін.
- 16) В уяві залікти всередину механізму.
- 17) Визначити альтернативні проблеми та системи, які вилучають певну ланку з ланцюга і, таким чином, створюють щось зовсім інше, перенаправляючи в сторону від потрібного рішення.
- 18) Чия це проблема? Чому його?
- 19) Хто придумав це перший? Історія питання. Які помилкові тлумачення цієї проблеми мали місце?
- 20) Хто ще вирішив цю проблему? Чого він досяг?
- 21) Визначити загальноприйняті граничні умови та причини їх встановлення.

4. МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

Сутність морфологічного аналізу (МА), що застосовується при вирішенні конструкторських задач загального плану, полягає в систематичному дослідженні всіх уявних варіантів рішення, що впливають з морфології (архітектури) технічного об'єкта. МА являє яскравий приклад системного підходу при рішенні технічних задач. З декількох видів МА, запропонованих Ф. Цвіккі, найбільш простим та розробленим є метод морфологічної шухляди.

Аналіз ведеться в такій послідовності: 1-й крок – точно сформулювати задачу; 2-й крок – скласти список усіх характеристик об'єкта (способу чи пристрою); 3-й крок – за кожною характеристикою перелічити варіанти; 4-й

крок – проаналізувати виникаючі при цьому сполучення; 5-й крок – відібрати кращі сполучення.

Приклад: 1. Запропонувати нову ефективну конструкцію снігохода.

Характеристики: А – двигун, Б – рушій, В – опора кабіни, Г – керування, Д – забезпечення заднього ходу та ін.

Варіанти:

А1 – двигун внутрішнього згоряння, А2 – газова турбіна, А3 – електричний та ін.

Б1 – повітряний гвинт, Б2 – гусениці, Б3 – лижі і вібролижі, Б4 – снігомет, водомет, В1 – жорстка, В2 – затискна, В3 – хитна, В4 – шарнірна, В5 – плоско рухома кульова та ін.

У такий спосіб складається перелік варіантів до всіх характеристик.

4. і 5. Отримана таблиця (морфологічна шухляда) вивчається і найцікавіші "формули" сполучення патентуються: наприклад, А2 – Б4 – В5.

5. МЕТОД ФОКАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Асоціативні методи ґрунтуються на використанні у творчому процесі семантичних властивостей понять шляхом використання аналогії їх вторинних змістових відтінків, причому, основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори і випадково обрані поняття.

До цієї групи методів відносяться метод каталогу, згодом удосконалений і названий методом фокальних об'єктів, а також метод гірлянд випадковостей і асоціацій. Ці методи аналогічні і засновані на тому, що суть винахідництва складається в пошуку віддалених аналогій.

Наприклад, метод фокальних об'єктів (МФО), застосовується при пошуку модифікацій уже відомих способів і пристроїв та тренуванні уяви, заснований на перенесенні ознак випадково обраних об'єктів на об'єкт, що удосконалюється і лежить ніби у фокусі переносу. Застосовують МФО в наступному порядку:

- 1) Вибір фокального об'єкту (наприклад, годинник).
- 2) Вибір трьох-чотирьох випадкових об'єктів (їх вибирають навмання зі словника, каталогу, технічного журналу тощо. Наприклад: "кіно," "змія", "каса", "полюс").
- 3) Складання списків ознак випадкових об'єктів (наприклад, кіно: широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне тощо).

- 4) Генерування ідей шляхом приєднання до фокального об'єкту ознак випадкових об'єктів (наприклад, широкоекранні годинники, звукові годинники, об'ємні годинники та ін.).
- 5) Розвиток отриманих сполучень шляхом вільних асоціацій (наприклад, широкоекранний годинник – замість вузького циферблата може бути узятий широкий, вузький циферблат іноді розтягується в широкий, проектується кудись та ін.).
- 6) Оцінка отриманих ідей і добір корисних рішень (доцільно доручити оцінку експерту чи групі експертів, а потім спільно відібрати корисні рішення).

6. МОЗКОВИЙ ШТУРМ

Метод мозкового штурму (МШ) застосовується для одержання нових ідей у науці, техніці, адміністративній і торговій діяльності. Основною особливістю МШ є те, що процес генерування ідей відділений у часі від їхньої оцінки, аналізу, критики. Основні правила МШ:

- 1) Задачу послідовно вирішують дві групи учасників МШ: "генератори ідей" і "експерти". У першій групі бажано мати людей, схильних до фантазування (4- 15 чоловік), у другій – людей з аналітичним, критичним складом розуму.
- 2) Генерування ідей ведуть, вільно висловлюючи будь-які "ідеї, "у тому числі явно помилкові і жартівливі. Регламент – хвилина чи дві. Ідеї висловлюються без доказів. Всі ідеї записуються в протоколи (чи фіксуються на магнітофон, відеокамеру). МШ ведуть 20-40 хвилин.
- 3) При генеруванні ідей заборонена всіляка критика. У ході штурму між його учасниками повинні бути установлені вільні і доброзичливі відносини. Бажано, щоб ідея, висунута одним учасником МШ, підхоплювалася і розвивалася іншими.
- 4) Під час експертизи варто уважно продумати всі ідеї, навіть ті, котрі здаються явно помилковими і несерйозними.
- 5) Процесом вирішення задачі управляє керівник «штурму», який забезпечує дотримання всіх умов і правил.

Керівник повинен виконувати свої обов'язки без наказів і критики, направляти роботу в потрібне русло. Він ставить різні питання, іноді щось підказує або уточнює, не допускаючи при цьому перерв в бесіді. Крім того,

йому потрібно стежити за тим, щоб висловлювання ідей не відбувалося тільки в раціональному напрямі. В іншому випадку керівник повинен сам висловити свідомо фантастичну ідею або оголосити «п'ятихвилинку» для висловлювання тільки не практичних ідей.

Для активізації процесу генерації ідей в ході штурму рекомендується використовувати деякі прийоми, які здавна застосовувалися різними винахідниками. Такими прийомами є, наприклад, «інверсія» (зроби навпаки), «аналогія» (зроби так, як це зроблено в іншому рішенні), «емпатія» (вважай себе частиною об'єкта, що вдосконалюється, та з'ясуй при цьому свої почуття, відчуття) і «фантазія» (запропонуй щось фантастичне). Керівник може використовувати також списки контрольних питань, запропонованих А. Осборном й іншими авторами.

Відомі також різновиди МШ, суть яких зрозуміла з назв: письмовий, індивідуальний, парний, масовий, подвійний (проводиться в два етапи, у перерві ведеться вільне обговорення проблеми), поетапний (послідовно штурмуються постановка задачі, розвиток ідеї рішення, конструкція, проблема впровадження), зворотний (шукають недоліки якоїсь машини чи процесу).

7. СИНЕКТИКА

Методика синектики – комплекс методів психологічної активізації творчого процесу (з грецької *синектика* – сполучення різнорідних елементів). В основу синектики покладений мозковий штурм. Однак звичайний мозковий штурм проводиться людьми, що не навчені спеціальним творчим прийомам. Синектика припускає створення постійних груп. Такі групи, накопичуючи прийоми, досвід, природно, працюють сильніше випадково зібраних колективів. Синектика – це професійний мозковий штурм, проведений з використанням аналогій і асоціацій. У синектичні групи звичайно включають людей різних спеціальностей. Чисельність групи 5-7 чоловік.

Структура сучасного синектичного процесу така:

1) *Формулюють проблему в загальному вигляді.* Особливістю цього етапу є те, що в ряді випадків нікого з сінекторів, окрім керівника сесії, не посвячують в конкретні умови винахідницьких задач (вважається, що передчасне чітке формулювання завдання ускладнює абстрагування, відхід від звичного ходу мислення). Сесія починається з обговорення деяких ознак завдання, наприклад

з розгляду фізичного принципу процесу. Воно охоплює широкий діапазон загальних проблем і поступово звужується під впливом питань керівника сесії, який повинен направляти обговорення в бажане русло. В останні роки синектори все частіше формулюють проблеми в тому вигляді, в якому вона дана замовником (задачедавальником). (Наприклад, як отримати спінену структуру, яку можна використовувати в якості харчового продукту?). На синектичне засідання запрошуються експерти (фахівці в області даних проблем), які пояснюють проблемну ситуацію. Експерт повинен бути підготовлений до обговорення та знайомий з основами синектики. Він є помічником керівника, може давати пояснення в області технічної політики в даній галузі, ставити навідні питання. Головне завдання експерта – виявлення корисних і конструктивних ідей шляхом оперативного аналізу висловлювань. У початковій стадії обговорення учасники прагнуть негайно, без дотримання синектичних процедур, знайти рішення проблеми. Шляхом аналізу перших рішень експерт зобов'язаний показати їх слабкі сторони (перші ідеї часто гальмують творче мислення учасників) та роз'яснити сутність дійсної проблеми. Синектори називають цей етап формулюванням «проблеми як вона дана» (ПЯД).

2) *Починають аналіз проблеми.* Цей етап синектори проводять спільно з експертом. Вишукуються можливості перетворити незнайому та незвичну проблему в деякі звичні. Кожен учасник, включаючи експерта, зобов'язаний знайти й оригінально сформулювати одну мету рішення. (В розглянутому прикладі можуть бути сформульовані такі цілі: Як можна змусити матеріал розширюватися, щоб перетворитися у спінений? Або: як можна змусити частинки матеріалу стиснутися до спіненої структури?). Після пояснення суті проблеми і її цілей членам синектичної групи дається можливість сформулювати її так, як вони її розуміють або як вона їм видається. Тут виявляються звичні напрямки (концепції), за якими можна було б здійснити пошук рішення задачі. По суті, в більшості випадків цей етап означає дроблення проблеми на частини, на підпроблеми. Одну з найбільш вдалих формулювань обирає експерт або керівник. Цей етап синектори називають формулюванням «проблеми як її розуміють» (ПЯР).

3) *Ведуть генерування ідей рішень проблеми в тому її формулюванні, на якому зупинено вибір.* Для цього починають екскурсію по різних областях техніки, живої природи, політики, психології, релігії тощо з метою виявлення того, як

подібні (аналогічні) проблеми могли б бути вирішені в цих далеких від даної областях. Основна мета екскурсії – знайти нову точку зору на проблему, що розглядається. Такий підхід дозволяє думкам піти далеко в сторону від обговорюваної теми і, на думку синекторів, сприяє активізації творчого мислення. Екскурсія починається з того, що керівник просить привести приклади-прецеденти, в яких мала б місце ситуація, аналогічна до обговорюваної, задає питання, що викликають аналогії. У процесі знаходження таких прикладів синектори використовують чотири види аналогій: пряму, особисту, символічну, фантастичну. За прямою аналогією даний об'єкт (процес) порівнюється з більш-менш аналогічним з іншої галузі техніки або з живої природи. Робиться спроба використання готових рішень. Наприклад, якщо ми хочемо удосконалити процес фарбування меблів, то застосування прямої аналогії буде полягати в тому, щоб розглянути, як фарбуються мінерали, квіти, птахи. Або як забарвлюють папір та ін. У міру накопичення досвіду застосування синектики цей прийом перетворився в пошук аналогічних прикладів в широкому сенсі. Особиста аналогія або емпатія, персональна аналогія – ототожнення себе з технічним об'єктом. Той хто вирішує завдання вживається в образ об'єкта, що вдосконалюється, намагаючись з'ясувати які виникають при цьому відчуття, тобто «Відчути» завдання. Застосовуючи її, дослідник зможе краще зрозуміти завдання, визначити умови його здійснення, виявити ряд чинників, пов'язаних з вирішенням проблеми, що зазвичай лишаються поза увагою. У деяких випадках саме цей прийом дозволяє знайти гарне рішення. У прикладі з фарбуванням меблів можна уявити себе білою вороною, яка хоче якось змінити колір. Приватне ототожнення з елементами завдання звільняє людину від відсталості мислення та дозволяє розглядати проблему в новому незвичайному світлі. Для розвитку особистої аналогії доцільно послідовно використовувати три прийоми: а) опис фактів уявного положення технічного об'єкта від першої особи; б) опис емоцій і почуттів, що приписуються об'єкту, від першої особи; в) емпатію, ототожнення себе з технічним об'єктом, вживання в його цілі, функції, труднощі. Символічна аналогія – деяка узагальнена, абстрактна аналогія. Потрібно в парадоксальній формі сформулювати (буквально в двох словах) фразу, яка відображатиме суть явища. Вона повинна виражати зв'язок між словами, які зазвичай ніяк одне з одним не зіставляються, та містить в собі щось несподіване, дивовижне. Згодом застосування символічної аналогії було скорочено до прийому знаходження

«назви книги», що характеризує певне ключове поняття так, щоб воно обов'язково містило парадокс. На сесіях синекторів пошук оригінальної «назви книги» розуміють як надзвичайно стисле, часто поетичне формулювання сенсу ключового слова, обраного або при розгляді проблеми «як її розуміють» (ПЯР), або в ході обговорення аналогічних прикладів. Спочатку обирається ключове слово, що представляє інтерес з точки зору керівника сесії, потім пропонується висловити сутність цього слова у вигляді оригінальної короткої фрази, що містить парадокс. Наприклад:

<i>Ключове слово</i>	<i>«Назва книги»</i>
<i>Мармур</i>	<i>Райдужне сталість</i>
<i>Храповий механізм</i>	<i>Надійна уривчастість</i>
<i>В'язкість</i>	<i>Нерішуча видозміна</i>
<i>Розчин</i>	<i>Зважена плутанина</i>
<i>Безліч</i>	<i>Розсудлива обмеженість</i>
<i>Сприйнятливість</i>	<i>Мимовільна готовність</i>
<i>Кулеметна черга</i>	<i>Об'єднані перерви</i>
<i>Полум'я</i>	<i>Видима теплота</i>
<i>Міцність</i>	<i>Примусова цілісність</i>
<i>Атом</i>	<i>Енергійна незначність</i>
<i>Шліфувальний круг</i>	<i>Точна шорсткість</i>

При фантастичній аналогії вводяться якісь фантастичні засоби або персонажі, які виконують те, що потрібно за умовами задачі. Наприклад, як зазначає у своїй книзі В. Дж. Гордон, можна поставити запитання: «Як зміниться ваша проблема, якщо перестане діяти тяжіння?». Фантастична аналогія сприяє генерації свіжих й оригінальних ідей, активізує творче мислення, але не має точного визначення. Тому її пізніше перестали виділяти, а застосування прямої аналогії перетворилося в пошук прикладів, заснованих на будь-якому вигляді аналогії.

4) Далі проводять перенесення (або переміщення) виявлених в процесі генерації нових ідей до ПЯД або ПЯР і виявляють їх можливості. Ведучий закінчує етап, повертаючи групу до розглянутої задачі, і намагається пов'язати отриманий матеріал, що зовні не відноситься до справи, з проблемою в тому вигляді, в якому вона була представлена. Окремі слова, що виникли в процесі обговорення, використовуються, щоб викликати нові точки зору на проблему, що сприяють успішному її вирішенню. Важливим елементом цієї стадії є

критична оцінка експертів. Якщо отриманий погляд на вирішення проблеми виявляється практично не реалізованим, можна повторити весь процес для розбору інших ідей. Заклучна частина синектичного засідання – розвиток і максимальна конкретизація ідеї, визнаної найбільш вдалою, – ведеться вже на спеціальній технічній мові.

8. ПРОТИРІЧЧЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ І ПРИНЦИПИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Технічна задача, не вирішена за допомогою традиційних, стандартних інженерно-конструкторських прийомів, підлягає переведенню в клас винахідницьких задач і подальшій обробці: формулюванню умов задачі та пошуку ідеї рішення.

Умови винахідницьких задач повинні складатися з трьох елементів: короткого опису (моделі) реальної технічної системи і її недоліків, ідеального кінцевого результату (ІКР) і технічного протиріччя, виявленого в результаті порівняння цих двох елементів. Сенс формулювання ІКР полягає в тому, щоб отримати орієнтир для руху до сильних технічних рішень високого рівня. Ідеальне рішення – найбільш сильне з усіх мислимих і немислимих варіантів розв'язання задачі. Дуже важливо освоїти поняття про ідеальну машину (машини немає, але потрібні дії виконується), ідеальний спосіб (витрати енергії і часу немає, але потрібні дії виконується, причому саморегульовано), ідеальну речовину (речовини немає, але її функція виконується).

При вирішенні винахідницьких задач необхідно максимально наблизитися до ІКР, різко поліпшити певні показники, не погіршивши інших. Ідеальність рішення полягає у тому, що потрібний ефект досягається «задарма», без використання будь-яких коштів. Наприклад, ідеальний корабель: корабля немає, а вантаж сам транспортується. Такі рішення існують – це плоти, цілком складені з вантажу. Близьким до ІКР рішенням є змієподібний корабель (англ. пат. № 1403191): невелика моторна секція (голова) тягне довгий гнучкий склад з контейнерів (тулуб).

Від формулювання ІКР залежить вибір подальшого напрямку пошуків, і отже, це один з творчих етапів, що визначає успіх всього рішення. Формулювання ІКР міститься в закріпленні бажаної властивості, функції, дії (результату) за будь-яким елементом. Його можна здійснювати за формулою,

запропонованої АРВЗом, визначаючи елемент, який найбільшою мірою піддається змінам, і приписуючи йому бажаний результат, – таке формулювання ІКР значно звужує напрямок подальшого пошуку та обмежує його переліком конструктивних змін. Якщо ж в якості такого елемента завжди брати «зовнішнє середовище» (надалі просто «середовище»), то поле пошуку розширюється й серед варіантів рішення завдання залишаються не тільки конструктивні, але й «тонкі» технологічні рішення, пов'язані зі зміною значення однієї з властивостей (параметрів) елементів системи. Необхідно мати на увазі, що можливості зміни значень властивостей «середовища» безмежні, і у зв'язку з цим воно може набувати форму будь-якого елемента, предмету або явища.

Технічні протиріччя будемо розглядати, умовно розділяючи їх за ступенем конкретизації на технічні (ТП) і фізичні (ФП). ТП будемо представляти у вигляді: «якщо покращувати параметр А відомим шляхом, то неприпустимо погіршується параметр В» або «елемент А повинен виконувати дію В (мати які-небудь необхідні властивості), але він не може його виконати (не володіє необхідними властивостями)». Наприклад, «якщо збільшити міцність конструкції, то неприпустимо зросте її вага» або «трубопровід повинен сам регулювати свій перетин, але його внутрішня частина не може звужуватися і розширюватися». ФП будемо представляти у вигляді: «елемент А повинен виконувати дію V_1 (мати якісь властивості) для того, щоб здійснювалося C_1 , але елемент А повинен виконувати дію V_2 (мати протилежні властивості) для того, щоб здійснювалося C_2 » або «елемент А (властивість елемента) повинен (повинна) бути і не повинен (не повинна) бути». Наприклад, «елемент повинен бути провідником для того, щоб пропускати електричний струм в напрямку 1, і повинен бути діелектриком для того, щоб не пропускати електричний струм в напрямку 2» або «електропровідність повинна бути і її не повинно бути».

Після цього здійснюємо пошук ідеї рішення (принципу) дії, що дозволяє вирішити (подолати) виявлене протиріччя. На рівні ТП пошук ідеї рішення може, зокрема, проводитися із застосуванням таблиці і фонду евристичних прийомів (див. п.п. 8.1), а на рівні ФП – із застосуванням фондів і показників фізичних, фізико-хімічних та інших ефектів та явищ (див. п.п. 8.3-8.5). На обох рівнях формулювання умов винахідницьких задач можуть застосовуватися аналоги з різних областей техніки, система стандартів на вирішення технічних задач (див. п.п. 8.2, 8.7) та фонд речовинно-польових перетворень

(див. п.п. 8.3). Слід врахувати, що багато винахідників віддає при цьому перевагу використанню алгоритму рішення винахідницьких задач Г.С. Альтшуллера.

8.1. Речовинно-польовий аналіз

Техніка як сукупність засобів, що створюються для здійснення процесів виробництва й обслуговування невиробничих потреб суспільства, є сумою матеріальних об'єктів, предметів і процесів, які використовуються людиною. Відомо, що матерія при всій своїй різноманітності проявів і форм на макроскопічному рівні може бути розділена на два основних види: речовина та поле.

Речовина – сукупність дискретних (переривчастих) утворень, що мають масу спокою. Це атоми, молекули і те, що з них побудовано. Речовина може перебувати в твердому, рідкому або газоподібному стані, а також в стані плазми.

Фізичні поля – це системи з нескінченним числом ступенів свободи, яка характеризуються безперервністю та має нульову масу спокою. До них відносяться: електромагнітні, гравітаційні, поля ядерних сил, а також хвильові (квантові) поля, які відповідають різним часткам (наприклад, електронно-позитронне поле). Джерелами фізичних полів є частки (речовина), наприклад, для електромагнітного – заряджені частки. Фізичні поля переносять (з кінцевою швидкістю) взаємодію між відповідними частками, що обумовлено обміном квантами поля між частками.

На субатомному рівні, тобто на рівні елементарних часток, відмінність речовини і поля стає відносною. Поля втрачають чисто безперервний характер: їм відповідають дискретні утворення – кванти (фотони, гравітони). А елементарні частки, з яких складається речовина (протони, нейтрони, електрони, мезони та ін.), виступають квантами відповідних нуклонних, мезонних та інших полів, втрачаючи свій чисто дискретний характер. Крім того, розрізняють векторні та скалярні (математичні) поля – це області (простору), в кожній точці яких задана (поставлена у відповідність) векторна або скалярна величина. До понять векторного та скалярного полів приводять багато фізичних явищ і процесів. Приклад векторних полів – поле швидкостей часток рідини чи газу, поле напруг і деформацій в будь-якому тілі тощо.

Скалярні – це температурні поля в будь-яких об'єктах, поле щільності будь-якого матеріалу тощо.

Оскільки всі розглянуті вище поняття відносяться або до взаємодії, або до характеристики властивостей енергетичного стану матеріальних частинок, їх розуміють в більш узагальненому сенсі поля. Таким чином, матеріальний світ, в тому числі технічні об'єкти, можна розглядати як сукупність систем, що складаються з речовин, які взаємодіють з полем або стан яких визначається полем. За аналогією з геометричними фігурами будь-яку технічну (матеріальну) систему можна представити у вигляді сукупності трикомпонентних систем, кожна з яких складається з речовини B , поля Π і третього компонента – середовища C (воно також може бути речовиною або полем). Така «елементарна» матеріальна система називається речовинно-польовою системою або скорочено – *реполем*. Умовно реполі зображують графічно у вигляді структурних формул* (рис. 8.1).

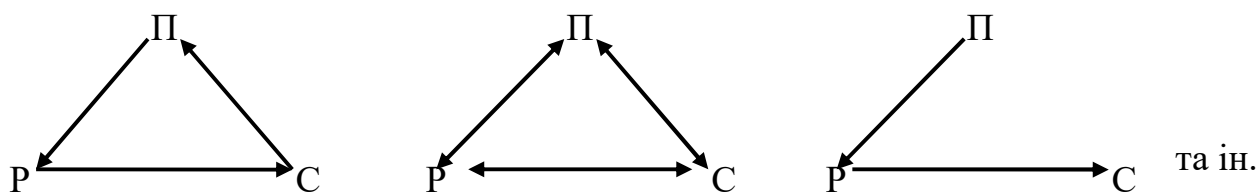


Рисунок 8.1 – Приклад графічного зображення реполів

Розглянемо кілька прикладів. Ультрафіолетове випромінювання (поле Π_1) впливає на люмінофор (речовина P) – виникає видиме світло (поле Π_2). Електричний розряд (Π_1) в рідині (P) створює високий тиск (Π_2). Звук (акустичне поле Π_1) впливає на п'єзокристал (P) – в результаті виникає змінне електричне поле (Π_2). У всіх трьох розглянутих випадках структуру фізичного явища можна уявити в однаковій графічній речовинно-польовій формі (рис. 8.2).

У технічних системах носіями (генераторами) полів завжди є які-небудь конкретні елементи, вони піддаються перетворенням, які, в свою чергу, можуть змінити стан поля. У зв'язку з цим можна вважати, що мінімальна (елементарна) технічна система, представлена в речовинно-польовій формі (повний реполь), складається з двох речовин і поля.

* У репольних формулах речовини (P) записують у рядок, а поля (Π) зверху і знизу – це дозволяє наочніше відобразити дію кількох полів на одну й ту ж речовину.

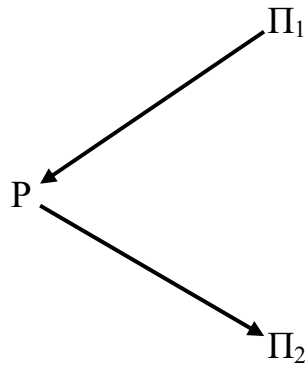
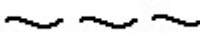


Рисунок 8.2 – Графічна речовинно-польова форма простих репольних систем

Оскільки компоненти реполя та його структура виражаються за допомогою найбільш узагальнених абстрактних понять і символів, то з їх допомогою може бути однаково записана структура багатьох, аналогічних в принципі, однак різних технічних систем. Подібність репольних формул є основою аналогії між ними. Практика показує, що існує певний набір структур різних елементарних технічних систем, які висловлюються реполями і містять технічні протиріччя, які можуть бути подолані використанням певного набору правил і стандартних структурних (репольних) перетворень. Розглянемо їх, вводячи такі позначення:

-  – перехід від умов задачі (дано) до результату (отримано);
-  – дія або взаємодія;
-  – дія;
-  – дія (взаємодія), що необхідна за умовами задачі;
-  – незадовільна дія, яку необхідно змінити;

Π' та Π'' – стан поля на вході та на виході (змінюються параметри, але не природа поля);

P' та P'' – стан речовини на вході та на виході;

$P'-P''$ та $\tilde{P}$ – змінний стан речовини та змінне поле.

Виявлено кілька елементарних правил перетворення речовинно-польових систем при вирішенні технічних завдань.

1) *Добудова реполя.* Якщо за умовами дана неповна нерепольна система – один елемент (речовина або поле) або репольна система – два елементи (речовина і поле), то для вирішення завдання необхідно добудувати систему до

повного реполя. Наприклад, ампули (P_1) запаюють, впливаючи на них полум'ям пальника (Π), але система має недоліки: при найменших порушеннях режиму або перегрівається вміст ампули, або її капіляр залишиться не запаяним. Фізичне протиріччя: теплове поле повинно впливати на ампулу, щоб запаяти капіляр, та не повинно впливати, щоб не перегріти її вміст. Задачу вирішили, опустивши ампули в воду так, щоб над поверхнею води піднімалися тільки верхні частини капілярів. А ось запис рішення завдання в репольній формі, яка представлена на рис. 8.3.

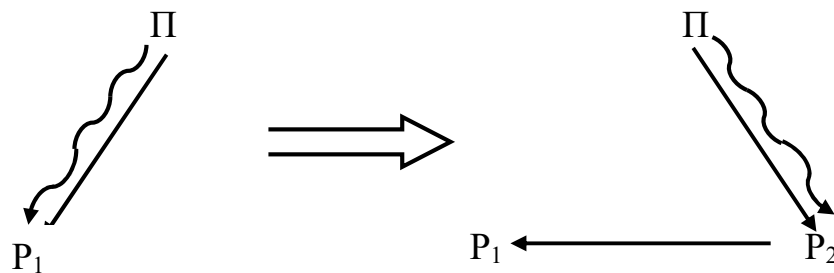


Рисунок 8.3 – Графічна форма вирішення задачі з запаювання ампул у репольній формі

Тут вода P_2 добудовує реполь. Технічна система ефективна лише тоді, коли вона піддається управлінню. Тому добудовувати реполь треба так, щоб в ньому був хоча б один добре керований елемент.

2) *Перехід до феромагнітного реполя (скорочено – феполю).* Репольні системи можна переводити в системи фепольні, тобто системи з магнітним полем (Π_M) і феромагнітною речовиною (P_Φ). Це правило виконується після реалізації правила 1 (графічне вираження представлено на рис. 8.4).

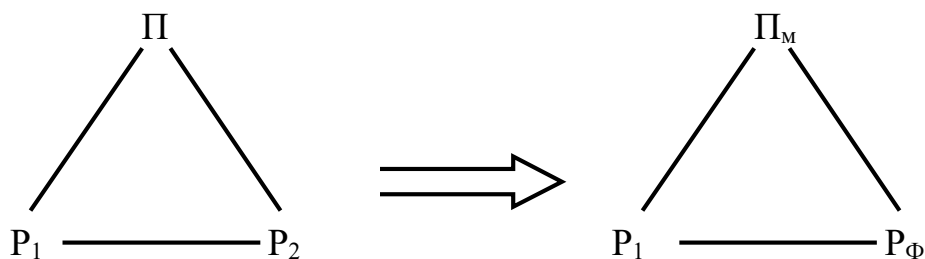


Рисунок 8.4 – Графічний вигляд переходу до феромагнітного реполя

Перехід до феполу можливий і тоді, коли вже дано дві взаємодіючі речовини. В цьому випадку феромагнітні частинки вводять в одну з речовин (рис. 8.5).

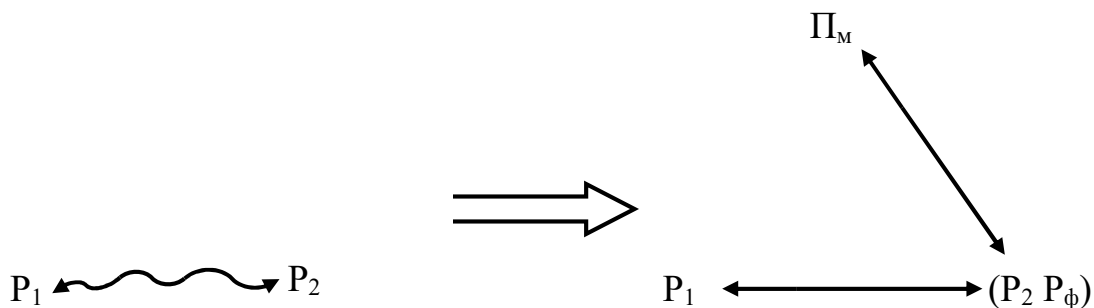


Рисунок 8.5 – Графічний вигляд переходу до феполу за рахунок введення феромагнітної речовини

Наприклад, спосіб проведення каталітичних процесів в системах з рухомим каталізатором відрізняється тим, що, з метою розширення сфери застосування, створюють рух магнітним полем та застосовують каталізатор з магнітними властивостями.

3) *Руйнування реполу.* Щоб зруйнувати непотрібний або шкідливий реполь, між двома наявними речовинами (P_1) та (P_2) має бути введено третю, яка є переважно видозміною однієї з двох даних речовин (P_1 або P_2). Графічний вигляд даного правила представлено на рис. 8.6.

При русі на великій швидкості судів на підводних крилах, наприклад, останні піддаються кавітаційній ерозії. Запропоновано на поверхні підводних крил наморожувати шар льоду, тобто видозміненої води.

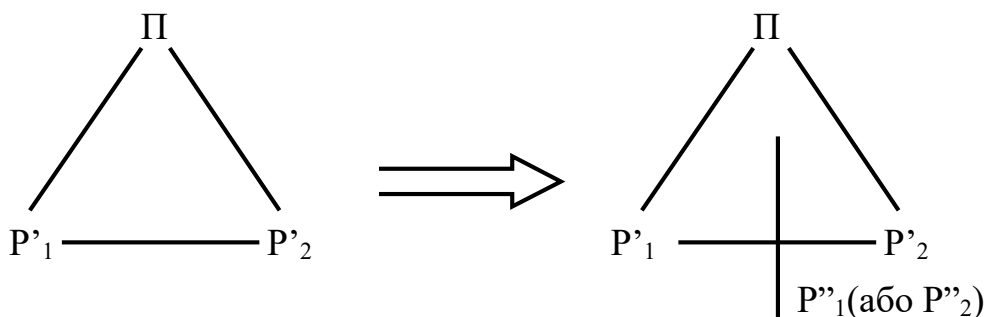


Рисунок 8.6 – Графічний вигляд руйнування непотрібного реполу

4) *Перехід до ланцюгового реполу.* Елемент (P_2) репольної системи може (має тенденцію) розвиватися в самостійний реполь (рис. 8.7).

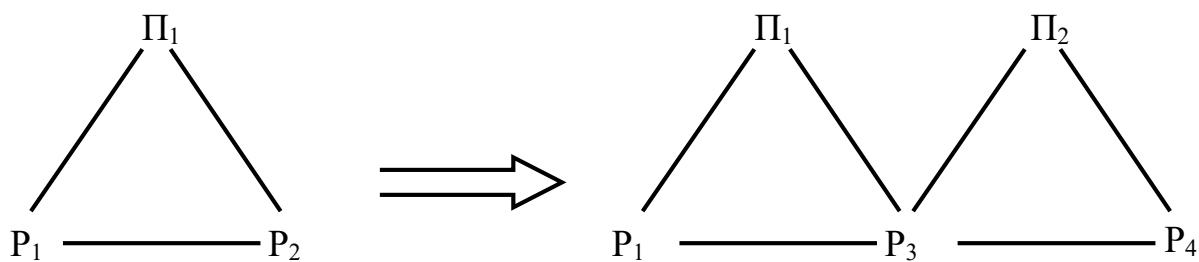


Рисунок 8.7 – Графічний вигляд переходу до ланцюгового реполю

У свою чергу, P_4 може утворювати новий реполь, що складається з P_5 ; P_6 , Π_3 тощо. Такі реполі називають ланцюговими. Так, об'єкт (P_1) розпирають силовим впливом (Π_1) за допомогою клина (P_2). Але його важко витягувати з об'єкта. Завдання вирішили, розділивши клин на дві частини, власне клин (P_3) і прокладку з легкоплавкої речовини (P_4). Коли клин потрібно витягти, прокладку нагрівають (Π_2), вона розм'якшується, і клин витягають.

5) *Виявлення фізичних ефектів.* Якщо дано реполь з одним полем (Π_1), а на виході необхідно отримати інше поле (Π_2), назву потрібного фізичного ефекту можна визначити, з'єднавши назви полів Π_1 і Π_2 (рис. 8.8).

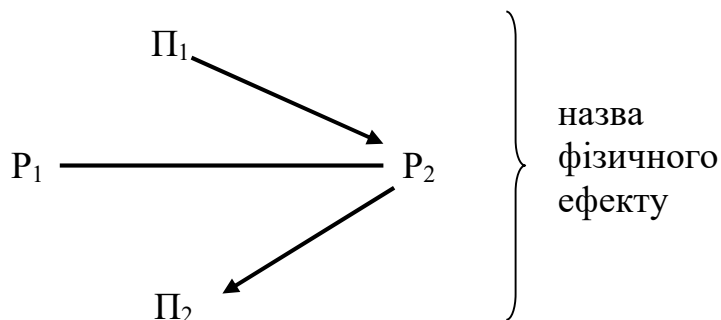


Рисунок 8.8 – Графічний вигляд розділення реполів при застосуванні фізичних ефектів

Наприклад, дано механічне поле (Π_1), а на виході необхідно отримати магнітне поле (Π_2) – потрібен механомагнітний (тобто магнітопружний) ефект. Знаючи потрібний ефект, можна підібрати речовину P_2 , яка його реалізує. Або розгорнути P_2 в ланцюговий реполь і тоді його виконає P_4 . Це правило зберігає силу і в завданнях на зміну речовини P_1 (вплив на P_1). У цьому випадку поле Π_2 має діяти на речовину P_1 (рис. 8.9).

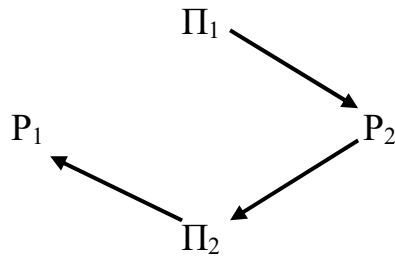


Рисунок 8.9 – Графічний вигляд розділення реполів при зміні речовини

8.2. Типові принципи розв’язання технічних протиріч та приклади їх використання

Значний практичний і методологічний інтерес для винахідників представляє список основних принципів усунення технічних протиріч. Сорок типових принципів, що складають список, отримані в результаті аналізу понад 40 тис. винаходів, створених шляхом розв’язання близько 1200 технічних протиріч. Кожен з них досить універсальний і відображає найбільш ефективні принципи перетворення технічних об’єктів. Назви для принципів обрані навмисне простими та образними, що відображають свій зміст – це сприяє їх швидкому запам’ятовуванню.

1. *Принцип дроблення.* Розділити об’єкт на незалежні частини.

Гайка, в якій різьба і корпус виконані окремими деталями, знімається з болта без згвинчування – досить зняти корпус і різьбова частина сама розпадається.

Многосоплові конвертерні кисневі фурми замість односоплових розподіляють кисень, що вдувається, в набагато більший обсяг металевої ванни. Це забезпечило спокійну – без викидів металу та шлаку – продувку, підвищення продуктивності конвертерів.

2. *Принцип винесення.* Відокремити від об’єкта частину або властивість, яка «заважає». Виокремити потрібну частину, властивість.

Для зменшення ваги газотеплозахисного костюма та поліпшення умов праці рятувальника запас холодоагенту, теплообмінник і пристрій циркуляції холодоагенту розміщені в окремому контейнері, який з’єднано з костюмом за допомогою шлангу та встановлено на землі.

Позапічна обробка сталі в ковші після випуску з конвертера «винесла» операції з коригування складу та температури металу в більш сприятливі умови, що різко поліпшило якість продукції.

3. Принцип місцевої якості. Перейти від однорідної структури об'єкта, середовища, впливу до неоднорідних. Забезпечити виконання різних функцій різними частинами об'єкта.

Для боротьби з пилом при видобутку корисних копалин на інструмент робочих машин подають воду у вигляді конуса дрібних крапель. Але дрібні краплі, добре поглинаючи пил, легко утворюють туман, що ускладнює роботу. Тому навколо конуса дрібних крапель створюють шар з великих крапель.

Ділянки вогнетривкої футеровки конвертерів, що найбільш зношуються (шлаковий «пояс», колоцапфені зони), викладають з вогнетривів складнішого складу, в тому числі з використанням антиоксидантів і підвищеним вмістом високочистого графіту.

4. Принцип асиметрії. Перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної.

З метою підвищення ефективності руйнування гірських порід шарошку[†] розширювача виконують ексцентричною щодо вісі отвору.

Чавуновозні ковші для позапічної обробки чавуну мають глибоко занурену в рідкий метал вогнетривку перегородку, що розділяє об'єм ковша на дві нерівноцінні камери. В одній створюють окислювальні умови для глибокого видалення кремнію та фосфору, в іншій – відновлювальні умови для десульфурзації чавуну.

5. Принцип об'єднання. Поєднати однорідні або призначені для суміжних операцій об'єкти. Об'єднати в часі однорідні або суміжні операції.

Значного підвищення продуктивності сортового прокатного стану досягають за рахунок одночасної прокатки декількох профілів з однієї заготовки. Наприклад, з швелера можна отримати два кутових профіля.

Комбінована верхньо-донна продувка в конвертерах поєднала переваги і верхньої, і донної, усунувши недоліки використання кожної з них окремо. В результаті цього досягаються: більша потужність і рівномірність перемішування ванни, розосередження дуття, наближення системи шлак-метал до рівноваги, спокійний хід продувки, високий вихід придатної сталі, легке регулювання окисленості шлаку та ін.

[†] Робочий інструмент прохідницьких комбайнів і бурильних машин, призначений для руйнування гірських порід шляхом їх роздавлювання або зрізування і роздавлювання.

6. Принцип універсальності. Забезпечити можливість виконання одним об'єктом кількох функцій.

Ручка портфеля може одночасно служити експандером.

Киснево-паливна фурма-пальник служить і для рафінування рідкого металу киснем в конвертерах, й для введення в ванну теплоти з метою нагрівання скрапу та створення при необхідності відновної атмосфери наприкінці продувки.

7. Принцип «матрьошки». Один об'єкт розміщують всередині іншого об'єкта, який, в свою, чергу, знаходиться всередині третього і т.д. Один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті.

У кульковій ручці-указці, корпус якої складається з висувних телескопічних трубок, об'єднані одночасно принцип «матрьошки» і принцип універсальності.

Скрап-вугільний пакет, в центральній частині якого при пресуванні розміщують розрахункову порцію вугілля, що забезпечує в ході конвертерної плавки надходження вуглецю в нагріту та зневуглецьовану металеву ванну. Цим досягають високих значень термічного коефіцієнту використання палива з метою зниження витрати енергоємного рідкого чавуну.

8. Принцип антигравітації. Компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншим об'єктом, що володіє підйомною силою. Компенсувати вагу об'єкта взаємодією з середовищем (переважно за рахунок аеро- і гідродинамічних сил).

Аеростатні транспортні установки стали застосовувати в важкодоступній місцевості, наприклад в гірських умовах, але їх вантажопідйомність обмежується підйомною силою аеростатів. Нові перспективи для них відкриває винахід, за яким підйомна сила аеростатів компенсує тільки вагу опор. Останні шикуються в ланцюг уздовж всієї дороги та висять в повітрі, опускаючись на ґрунт в період проходження по канатній дорозі вантажу від однієї опори до іншої.

Комплекс розкислювачів та легуючих матеріалів підбирають таким, щоб оксиди – продукти розкислення та легування сталі у вигляді неметалевих включень мали найменші густину і змочуваність рідкою сталлю, швидко спливали та видалялися з неї.

9. Принцип попередньої антидії. Для здійснення будь-якої дії необхідно заздалегідь зробити антидію.

Якщо при намотуванні пружини одночасно закручувати навколо своєї вісі дріт, то отримана таким чином попередньо-напружена пружина «подвійної» закрутки за своїми механічними показниками набагато перевершує виготовлені звичайним способом.

Кінцевий сталеплавильний шлак розбризкують струменем азоту, направляючи бризки на зношені ділянки футерівки агрегату, де шлак намерзає без хімічної взаємодії з вогнетривами. Цей шар захищає футеровку від розчинення рідким шлаком останньої плавки.

10. Принцип попередньої дії. Заздалегідь виконати потрібні дії (зміна об'єкта) повністю або частково. Заздалегідь розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію без витрат часу на доставку з найбільш зручного місця.

З метою підвищення випромінювальної здатності факела в мартенівській печі газ в пальник подають підігрітим до температури 600-700 °С.

Для швидкого формування основного шлаку шляхом енергійного розчинення СаО в ньому попередньо, до введення в сталеплавильний агрегат, вапно просочують оксидами заліза та іншими сполуками, виключаючи цю найповільнішу ланку при плавці.

11. Принцип «заздалегідь підкладеної подушки». Компенсувати відносно невисоку надійність об'єкта заздалегідь підготовленими аварійними засобами.

З метою швидкого заліковування місця зрізу на дереві, на його гілку (до спилювання) ставлять стискуjące кільце, що є сигналом накопичення в цьому «хворому» місці поживних і лікуючих речовин.

Магnezитовий арматурний шар футеровки конвертерів розташовують між металевим корпусом і робочим шаром вогнетривів. Знос арматурного шару ніколи не допускається.

12. Принцип еквіпотенціальності. Змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати або опускати об'єкт.

Пристрій для переміщення прес-форм «в зоні стискання» усуває необхідність піднімати і опускати важкі прес-форми. Це досягається завдяки прикріпленню до столу пресу приставки з роликовим конвеєром.

Радіальні МБЛЗ мають висоту в 5 разів меншу і легко вписуються в схему вантажопотоків сталеплавильного цеху.

13. Принцип «навпаки». Замість дії, що диктується умовами задачі, здійснити зворотну дію. Виконати рухому частину об'єкта (або зовнішнього середовища) нерухомою, а нерухома – рухомою. Перевернути об'єкт.

Процес вібраційного очищення металевих виробів в абразивному середовищі спрощується, якщо вібраційний рух передавати не середовищу, а деталі, що оброблюється.

Донна киснева продувка в конвертерах замість верхньої має ряд важливих переваг при виплавці особливо низьковуглецевих сталей.

14. Принцип сфероїдальності. Перейти від прямих частин до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних, від частин, виконаних у вигляді куба або паралелепіпеда до кульових конструкцій.

Пристрій для вварювання труб в трубну решітку має електроди у вигляді куль, що котяться.

Обертання конвертерів навколо поздовжньої вісі (*Cal-Do, Rotovert* тощо) інтенсифікувало масообмінні процеси, прискорило рафінування металу від P і S, забезпечило передачу теплоти факела допалювання CO до CO₂ безпосередньо металевій ванні.

15. Принцип динамізації. Змінити характеристики об'єкта (або зовнішнього середовища) так, щоб вони були оптимальними на кожному етапі роботи. Розділити об'єкт на частини, здатні переміщуватися відносно одна одної. Нерухомий об'єкт виконати рухомим, таким, що переміщується.

Змащення валків прокатного стану мастилом здійснюють тільки при наявності металу в кліті.

З метою підтримки концентрації FeO в шлаку на оптимальному рівні краще використовувати кисневу фурму для продувки сталеплавильної ванни із змінним кутом нахилу сопел Лавалю до вертикалі. Оператор, що проводить плавку, зменшував би цей кут при необхідності зниження FeO на початку і кінці продувки. Відповідно в середині продувки, коли інтенсивніше окислюється вуглець і шлак розкислюється, цей кут слід збільшувати.

16. Принцип часткового або надлишкового рішення. Спростити поставлену задачу за рахунок часткової або надлишкової зміни необхідного ефекту.

При фарбуванні циліндричних деталей на них з надлишком подають фарбу (занурюють у ванну), а потім обертанням деталі зайву фарбу видаляють.

Двоярусна киснева фурма не в повному обсязі, але частково допалює монооксид вуглецю, що виділяється з сталеплавильної ванни, до CO_2 . Проте це значно підвищує приходну частину теплового балансу плавки та знижує витрату енергоємного чавуну.

17. Принцип переходу в інший вимір. Забезпечити можливість переміщення або розміщення об'єкта в просторі 3-х вимірів. Використовувати багатоповерхову компоновку замість одноповерхової. Нахилити об'єкт або покласти його. Використовувати зворотній бік цієї площини. Використовувати оптичні потоки, які падають на зворотну сторону наявної площини або на сусідню площу.

Для зберігання колод в воді запропоновано їх формувати в пучки діаметром, що перевищує довжину, і встановлювати у вертикальному положенні.

Продувальна киснева фурма, що обертається навколо поздовжньої вісі замість звичайної стаціонарної інтенсифікує масообмін в рідкій металевій ванні та скорочує тривалість продувки.

18. Принцип використання механічних коливань. Привести об'єкт в коливальний рух. Збільшити частоту коливань. Використовувати резонансну частоту. Застосувати п'єзовібратори. Використовувати ультразвукові коливання в поєднанні з електромагнітними полями.

При гідрозбиві окалини очищення заготовок відбувається більш ефективно, якщо на неї подають пульсуючий струмінь рідини з регульованою частотою й амплітудою коливань.

Зношену вогнетривку футеровку руйнують ультразвуковими коливаннями з частотою, яка дорівнює резонансній частоті футеровки.

19. Принцип періодичної дії. Перейти від безперервної дії до періодичної (імпульсної). Змінити періодичність дії.

З метою збільшення теплообміну в камері згоряння газу в газовий або газо-мазутний пальник його подають імпульсами.

Пульсуюче кисневе дуття в сталеплавильних агрегатах зменшує товщину граничного шару на краплях в реакційній зоні, шматочках вапна, бульбах оксиду вуглецю та частинках окисленого шлаку в металі. В результаті поліпшується низка показників сталеплавильного виробництва.

20. Принцип безперервності корисної дії. Забезпечити безперервне, повне навантаження всіх частин об'єкта. Влаштувати холості та проміжні ходи. Перейти від зворотно-поступального руху до обертального.

Продуктивність обробки отворів можна підвищити, застосувавши свердла (зенкера), ріжучі кромки яких дозволяють вести обробку як при прямому, так і при зворотному ході інструменту.

Перехід від розливання у виливниці до безперервного розливання сталі став значною віхою в еволюції сталеплавильного виробництва: різко знизилися матеріало- і енерговитрати, покращилася якість металопродукції.

21. Принцип «проскоку». Забезпечити проведення шкідливих або небезпечних стадій процесу на великій швидкості.

Тонкостінну пластмасову трубу великого діаметру розсікають ножом так швидко, що вона не встигає деформуватися.

Ступінчаста киснева продувка в конвертерах з подачею в 1,2-1,5 рази більшої витрати дуття в першій і останній третині плавки дозволяє скоротити тривалість агресивного впливу окислених шлаків цих періодів на вогнетривку футерівку.

22 Принцип «обернути шкоду на користь». Використовувати шкідливі фактори для отримання позитивного ефекту. Усунути шкідливий чинник за рахунок додавання з іншим шкідливим фактором. Посилити шкідливі фактори до такої міри, щоб вони перестали бути шкідливими.

Щоб прискорити відновлення сипучості та знизити трудомісткість, змерзлі насипні матеріали піддають дії наднизьких температур.

Позапічна обробка шляхом перемішування сталі з синтетичним шлаком може призвести до забруднення сталі неметалевими включеннями. Проте науково обґрунтованим вибором складу шлаку домоглися того, що на міжфазній межі метал - шлак поверхневий натяг набагато нижче, ніж на межі оксидне включення - шлак. Оксидні включення коагулюють в металі, легко спливають в шлакову фазу, видаляючи зі сталі шкідливу домішку – сірку.

23. Принцип зворотного зв'язку. Ввести зворотний зв'язок. За наявності зворотного зв'язку – змінити його.

На цьому принципі побудована велика частина систем автоматичного регулювання товщини прокату. Наприклад, при збільшенні потужності процесу прокатки температуру охолоджуючої рідини, яка подається на валки

прокатного стану, підвищують, а при зменшенні – витрату знижують, досягаючи тим самим сталості температури і товщини прокату.

Введення в систему управління конвертерною продувкою інформації про яскравість світіння факела над горловиною агрегату, яка непрямо свідчить про вміст вуглецю в металевій ванні наприкінці продувки, відкриє нові можливості автоматизації процесу.

24. Принцип «посередника». Використовувати проміжний об'єкт-носіє. На час приєднати до об'єкту інший (що легко видаляється) об'єкт.

Дрібну окалину та іржу можна адсорбувати снігом, який подають на поверхню смуги, а потім змивають водою.

При безперервному розливанні сталі в кристалізатор струменем аргону вдувають незначну кількість твердого дрібнодисперсного залізного порошку. Частинки останнього стають першими кристалами (зародками кристалізації), завдяки чому заготовки отримує дрібнокристалічну структуру – основу високої якості продукції.

25. Принцип самообслуговування. Забезпечити виконання допоміжних і ремонтних операцій самим об'єктом. Використовувати відходи, речовини, енергію.

Для підвищення стійкості корпусу дробемету його вкривають зносостійкими плитами, виконаними у вигляді магнітів, що утримують на своїй поверхні захисний шар дробу, який постійно оновлюється в процесі роботи агрегату.

Виготовлення кисневої конвертерної фурми з конічною зовнішньою трубою забезпечує легке її очищення від налиплої шлакометалевої емульсії навіть при незначному переміщенні.

26. Принцип копіювання. Використання копії замість об'єкта. Використання зображення об'єкта зі зміною масштабу. Використання інфрачервоних, ультрафіолетових або голографічних зображень об'єкта.

Для дослідження теплових явищ в твердих, рідких і газоподібних середовищах використовують фотознімки нагрітого предмета або середовища, відзняті на тепловізор або негативну плівку чи пластинки, чутливі до інфрачервоних променів.

«Гаряче моделювання» структури зони взаємодії кисню і рідкого чавуну в тиглях з прозорою стінкою із записом цієї зони на відеокамеру забезпечило теорію сталеплавильних процесів унікальними даними.

27. Принцип «Дешева недовговічність замість дорогої довговічності».

Замінити дорогий об'єкт набором дешевих об'єктів.

Дитяча пелюшка з шаром, що поглинає вологу, виконаним з паперу одноразового користування.

Для вимірювання температури рідких металів використовують одноразові паперові наконечники термопар замість звичайних дорогих для багаторазового використання.

28. Принцип заміни механічної схеми. Замінити механічну схему електричною, оптичною, тепловою, акустичною або «запаховою». Використовувати електричні, магнітні та електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом. Перейти від нерухомих полів до рухомих, від фіксованих до змінних в часі, від не структурних – до тих, що мають певну структуру. Використовувати поля в поєднанні з феромагнітними частинками.

Для спрощення контролю зносу гірничо-видобувального інструменту, наприклад бурових доліт, як сигналізатора зносу застосовують вмонтовані в тілі долота ампули з речовинами, що мають різкий запах, наприклад з етілмерконтаном.

У дослідженнях ІЧМ НАНУ підведенням однофазного електричного струму до продувочної кисневої фурми та рідкого металу управляють черговістю і швидкістю хімічних реакцій в металевій ванні. Засобом управління є полярність і напруженість електричного поля.

29. Принцип використання пневмоконструкцій і гідроконструкцій.

Замість твердих частин об'єкта використовувати газоподібні та рідкі, надувні та гідронаповнювальні, повітряну подушку, гідростатичні й гідрореактивні.

Швидкий монтаж і демонтаж шляху сполучення в важкодоступних місцях можна забезпечити за допомогою напрямних – наповнених стисненим повітрям еластичних шлангів, встановлених в проміжних опорах.

Ефективним засобом підвищення стійкості вогнетривкої футеровки плавильних агрегатів у зонах, що найбільш зношуються, може стати футерівка, що «потіє». Крізь неї пропускають невелику кількість газу, який створює мікронний шар, що захищає вогнетрив від впливу агресивних шлаків.

30. Принцип використання гнучких оболонок і тонких плівок. Замість об'ємних конструкцій використовувати гнучкі оболонки і тонкі плівки. Ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок.

Прискорити сушку різних виробів можна, застосувавши форми-опори, покриті тонкими струмопровідними полімерними плівками, через які пропускають струм.

Спосіб кладки футерівки сталеплавильних агрегатів за допомогою наповненої стисненим повітрям гнучкої пластикової оболонки, між якою і металевим корпусом вводять вогнетривкий бетон.

31. Принцип застосування пористих матеріалів. Виконати об'єкт пористим або використовувати додаткові пористі елементи (вставки, покриття). Попередньо заповнити пори будь-якою речовиною.

Щоб пористий матеріал пропускав ще менше теплоти, в його пори закачують газ з низькою теплопровідністю та заварюють наповнений газом матеріал в поліетиленову плівку.

Продувку залізовуглецевих розплавів аргоном в конвертерах, установках «ківш-піч», вакууматорах та ін. останнім часом здійснюють через пористі вогнетривкі вироби.

32. Принцип зміни забарвлення. Змінити забарвлення об'єкта або зовнішнього середовища. Змінити ступінь прозорості об'єкта або зовнішнього середовища. Використовувати фарбувальні добавки.

Для виявлення кінців стрічки в рулоні біля місця з'єднання наносять мітку флуоресцентною або фосфоресцентною речовиною. При подальшій переробці її легко виявити детекторним приладом і відповідно знайти місце з'єднання.

Швидкість засвоєння рідкою сталеплавильною ванною скрапу вивчають за допомогою добавок в його склад матеріалів, що містять нікель. Нікель має меншу спорідненість до кисню, ніж рідке залізо, і переходить тільки в рідкий метал – контроль його концентрації в останньому дає інформацію про ступінь розчинення скрапу на різних етапах плавки.

33. Принцип однорідності. Виконати об'єкти, які взаємодіють з даним об'єктом, з того ж матеріалу або близького до нього за властивостями.

Для поліпшення умов змащення підшипника ковзання, що охолоджується, при підвищених температурах в якості мастильної речовини застосовують такий самий матеріал, що й матеріал вкладиша підшипника.

Добавка матеріалів, що містять MgO , в ході конвертерної плавки наближує склад шлаку до складу футерівки, знижуючи швидкість її зносу.

34. Принцип відкидання або регенерації частин. Частину об'єкта, що виконала своє призначення або стала непотрібною, повинна бути відкинута (розчинена, випарена тощо) або видозмінена. Частини об'єкта, що витрачаються, мають відновлюватися в ході роботи.

Гвинтові мікропружини навивають на оправку з еластичного матеріалу, яку потім видаляють, занурюючи разом з пружиною у речовину, що розчиняє еластичний матеріал.

При переділі високофосфористих чавунів (з $[P]_{\text{чав}} = 1,5-2,5\%$) по закінченні другої третини плавки шлак, що увібрав в себе до 25 % P_2O_5 , видаляють («скачують») зі сталеплавильного агрегату.

35. Принцип зміни фізико-хімічних властивостей об'єкта. Змінити агрегатний стан об'єкта. Змінити концентрацію або консистенцію. Змінити ступінь гнучкості. Змінити температуру, об'єм.

Краплі води, що вводять в струмінь охолодженого газу, спрямованого на деталь, миттєво замерзають і, перетворившись в крижані кульки, обробляють поверхню деталі не гірше дробу.

У двох докторських дисертаціях з металургії було досліджено конвертерний процес з продувкою металу рідким киснем замість газоподібного. Така заміна знижувала температуру реакційної зони і інтенсифікувала масопереніс в рідкій ванні. В результаті були різко зменшені втрати Fe з димом, викидами, скорочена тривалість циклу плавки.

36. Принцип застосування фазових переходів. Використовувати явища, що виникають при фазових переходах.

Заглушка для герметизації трубопроводів і горловин, з метою спрощення конструкції, виконана у вигляді склянки з легкоплавким металевим сплавом, розширюється при твердненні та забезпечує герметичність з'єднання.

При вивченні конвертерного процесу в ході кисневої продувки виконували частий відбір проб металу та шлаку без її переривання. Пробниці опускали в порожнину конвертера через тракт подачі сипучих матеріалів,

підвішуючи їх на тросі. Щоб уникнути згоряння троса його змащували густим мастилом. Останнє, випаровуючись в конвертері, охолоджувало трос, а його пари захищали трос від налипання металу і шлаку.

37. Принцип застосування термічного розширення. Використовувати термічне розширення (стиснення) матеріалів. Застосувати кілька матеріалів з різними коефіцієнтами термічного розширення.

Запропоновано спосіб очищення заготовок від окалини, сутність якого полягає в створенні різкого температурного перепаду між шаром окалини та металу і руйнуванню окалини за рахунок термічних напружень.

Для отримання багат шарового виробу, наприклад, втулки з напруженими шарами, кожену втулку виготовляють з матеріалу, що має температурний коефіцієнт лінійного розширення вище такого ж у матеріалі втулки, розташованої усередині. При складанні такі втулки розігрівають до температур, що дозволяють одній з них увійти всередину іншої, а коли температури вирівнюються, створюється ефект напруги.

38. Принцип застосування сильних окислювачів. Замінити звичайне повітря збагаченим. Замінити збагачене повітря киснем. Впливати на повітря або кисень іонізуючим випромінюванням. Використовувати озонований кисень. Замінити озонований (або іонізований) кисень озоном. Замінити озон атомарним киснем.

Процес спікання і випалу дисперсного матеріалу інтенсифікують шляхом продувки повітрям, збагаченим киснем.

Підтвердження ефективності прийому – вся історія розвитку конвертерних процесів: від продувки розплаву повітрям до продувки чистим киснем і, в останніх дослідженнях, киснем з додаванням озону.

39. Принцип застосування інертного середовища. Замінити звичайне середовище нейтральним. Ввести в об'єкт нейтральні частини, добавки. Проводити процес у вакуумі.

Надійно запобігти загорянню бавовни в сховищі можна шляхом обробки його інертним газом при транспортуванні до місця зберігання.

Продування рідких сталеплавильних ванн нейтральними газами: аргоном, монооксидом вуглецю – видаляє з металу розчинені водень, азот, наявність яких знижує якість сталі, стабілізує її склад та температуру перед твердненням.

40. Принцип використання композиційних матеріалів. Перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

Шум працюючого двигуна можна заглушити, заповнивши корпус водоемульсійною піною.

Винаходяться все нові й нові шлакові суміші для обробки рідкої сталі на різних етапах її виробництва.

Спроби виявлення нових прийомів тривають, проте з'ясувалося, що винаходи високих рівнів створюються в результаті використання не одного, а двох, трьох і більше прийомів одночасно або в певній послідовності. Наприклад, принцип порошкової металургії полягає в тому, що матеріал подрібнюють в порошок, а потім спікають в єдине ціле, тобто використовують принцип дроблення, а потім принцип об'єднання.

Евристичні прийоми можуть утворювати комплекси приєднувати до себе фізичні ефекти, маючи в той же час певну структуру. Існують деякі стабільні утворення прийомів і ефектів, що становлять фонд «стандартів» для рішення винахідницьких задач.

Для організації використання прийомів в ТРВЗ була розроблена спеціальна таблиця, де по вертикалі розташовуються характеристики технічних систем, які за умовами завдання необхідно поліпшити, а по горизонталі – характеристики, які при цьому неприпустимо погіршуються. На перетині граф і колонок з найменуваннями характеристик, що покращуються і погіршуються, вказані номери прийомів, що дозволяють з найбільшою ймовірністю усунути технічне протиріччя, яке виникло. Таблиця охоплює близько півтори тисячі ТП, що найбільш часто зустрічаються у винахідницькій практиці (див. 8.1). Оскільки ТП двоїсті, тобто містять дві конфліктуючих вимоги, ця двоїстість проявляється в поєднаннях відразу декількох ознак, що знаходять по таблиці. Чим важче завдання, тим, як правило, складніше поєднання необхідних для її вирішення прийомів. Прийоми зазвичай не дають готових рішень, але містять генеруючі підказки ідей, що направляють творчий пошук в перспективному напрямку.

Працювати з прийомами потрібно без поспіху, не упускаючи можливості по-різному формулювати вихідне ТП і, отже, виходити на інші набори прийомів.

дозволяє значно розширити загальну ерудицію фахівця і поглибити його спеціальні знання, а також озброїти його дієвим методологічним засобом.

8.3. Фізичні ефекти і їх застосування

Результати пізнання людиною навколишнього світу виражаються зазвичай у вигляді законів і закономірностей природи, правил, прикмет, прикладів, властивостей предметів й явищ та ін. Фізичні ефекти і явища, закони та наукові відкриття – найбільш узагальнене вираження результатів пізнання. Саме вони лежать в глибині, в основі всіх конкретних технічних рішень, формуючи їх ядро – принцип дії[‡] або ідею рішення.

Один і той самий фізичний ефект може породжувати безліч конкретних, що істотно відрізняються один від одного, технічних рішень. Візьмемо для прикладу відомий закон Джоуля-Ленца, який встановлює зв'язок між величиною електричного струму, що проходить через провідник, та кількістю теплоти, що виділяється в ньому. Список технічних рішень заснованих на даному ефекті, важко перерахувати. Це різні типи електронагрівачів, нагрів і зварювання металів опором, електронні лампи, велика кількість вимірювальних та регулюючих пристроїв й багато інших рішень. Саме фізичні, фізико-хімічні та інші ефекти і явища (включаючи закони фізики, наукові відкриття та ін.) – найбільш ефективні шляхи подолання протиріч при вирішенні тієї чи іншої технічної задачі. Обсяг знань про них визначає потенційну творчу міць винахідника.

Структура різних фізичних ефектів багато в чому аналогічна та містить вплив, фізичний об'єкт і результат (власне ефект). До впливу відносяться поля (магнітне, електричне, електростатичне, гравітаційне, теплове, силове), а також різного роду зміни, наприклад, вологості, швидкості руху, концентрації речовини тощо. Воно може бути постійним як в часі, так і в просторі. Вплив вимірюється певними величинами та виражається їх чисельними значеннями. Фізичний об'єкт, що піддається впливу, включає в себе широкий клас матеріальних тіл (тверді, рідкі, газоподібні речовини, їх поєднання, а також елементарні частинки, іони, молекули, атоми та ін.).

Результат, власне ефект, виходить найрізноманітніший: управління швидкістю масообмінних процесів, перерозподілом речовини між фазами,

[‡] Під принципом дії розуміється сукупність фізичних ефектів і явищ, на основі яких реалізуються задані функції технічної системи.

зміна щільності рідини або газу, електричний струм, розщеплення спектральних ліній, оптична анізотропія, електромагнітне поле та ін. Взаємозв'язок ефекту і впливу може бути виражений математичною формулою.

Проблема полягає в тому, що інженери знають фундаментальні науки недостатньо. У технічних ВНЗ на них багато годин не відведеш (отже програма перевантажена), в курсі фізики, наприклад, вивчають трохи більше 200 фізичних ефектів, тоді, як їх відомо, кілька тисяч. Тому для винахідників необхідні та розробляються довідники особливого типу. У них повинна міститися вся фізика, вся хімія, причому в компактній формі, без зайвих формул, проте з прикладами застосування ефектів в техніці. На жаль, типові підручники фізики на цю роль не підходять, не годяться й існуючі фізичні довідники, тому що в них фізичні явища описуються за принципом: є об'єкт, при впливі такому-то у нього з'являється такі-то властивості. «Клацни кобилу в ніс – вона махне хвостом», – писав Козьма Прутков. Сам того не знаючи, він висловив формулу прямого показчика ефектів – від об'єкта і впливу до нової якості системи. Винахіднику ж більше потрібен зворотний показчик – від необхідної якості до потрібного ефекту з прикладами практичного використання ефектів. Скажімо, потрібно в замкнутій камері створити дуже високий тиск без застосування потужних і громіздких процесів. Показчик підказує – треба використовувати фазовий перехід 2-го роду. Відомо, що при досягненні температури 13,2 °С біле олово перетворюється в сіре зі збільшенням об'єму на 26,7 %. Отже, досить покласти шматок олова в камеру, нагріти його – і в камері підніметься тиск.

Ось конструктор не спить ночами, намагаючись придумати «хитре» пристосування для закріплення на рівній поверхні крихкої деталі. Не виходить. То деталь ламається, то механіка складна... А показчик безпристрасно показує: треба застосувати електроореологічний ефект. Створена в Інституті тепло- і масообміну АН Білорусії електроореологічна суспензія, що складається зі звичайного трансформаторного мастила та частинок кремнезему, може миттєво тверднути під дією електричного поля. Змастили суспензією поверхню столу, поклали деталь, клацнули тумблером – і готово, деталь затиснута. Клацнули ще раз – деталь вільна.

Винахідник повинен бути з фізикою на «ти», а для цього треба користуватися показчиком ефектів, складеним у формі таблиці. Вона містить колонки з назвою необхідної дії (наприклад: зниження температури) і з

відповідними йому назвами фізичних ефектів (наприклад: ефект Ранка, магнітокалоричний ефект та ін.). Поширений варіант такого показника представлений у таблиці 8.2. Сутність ефекту винахідник може уточнити і добре зрозуміти, використавши інформацію з «Довідника з фізики» останніх видань або Інтернету.

Показчик (див. табл. 8.2) дозволяє вирішувати прямі винахідницькі завдання та є корисним на етапі пошуку ідеї рішення після того, як сформовані умови задачі, ідеальний результат, виявлено технічне або фізичне протиріччя і визначено в загальному вигляді, які дії необхідні для вирішення протиріччя.

Таблиця 8.2

Показчик фізичних ефектів, що застосовуються для вирішення винахідницьких задач

Потрібні дії, властивість	Фізичне явище, ефект, фактор, спосіб
1	2
Зміна температури	Теплове розширення та викликана ним зміна власної частоти коливальності. Ефект Зеебека. Ефект Пельтьє. Термоелектричні явища. Спектр випромінювання. Зміна оптичних, електричних, магнітних властивостей речовин. Перехід через точку Кюрі. Ефекти Гопкінса та Баркхаузена..
Зниження температури	Фазові переходи. Ефект Джоуля-Томсона. Ефект Ранка. Магнітокалоричний ефект. Ефект Риги-Ледюка. Ефект Пельтьє. Термоелектричні явища. Явища переносу. Ефект Дюфура. Ендотермічні реакції.
Підвищення температури	Фазові переходи. Ефект Джоуля-Томсона. Ефект Ранка. Магнітокалоричний ефект. Ефект Риги-Ледюка. Ефект Пельтьє. Термоелектричні явища. Явища переносу. Ефект Дюфура. Ендотермічна реакції.
Стабілізація температури.	Фазові переходи (в тому числі перехід через точку Кюрі).
Індикація положення і переміщення об'єкта	Введення міток-речовин, що перетворюють зовнішні поля (люмінофори) або створюють свої поля (феромагнетики) і тому легко виявляються. Відображення і випускання світла. Фотоефект. Деформація. Рентгенівське та радіоактивне випромінювання. Люмінесценція. Зміна електричних і магнітних полів. Електричні розряди. Ефект Допплера.
Управління переміщенням об'єктів	Дія магнітним полем на об'єкт або на феромагнетик, з'єднаний з об'єктом. Дія електричним полем на заряджений об'єкт. Передача тиску рідинами та газами. Механічні коливання. Відцентрові сили. Теплове розширення. Світловий тиск.
Управління рухом рідини і газу	Капілярність. Осмос. Ефект Томса. Ефект Бернуллі. Хвильовий рух. Відцентрові сили. Ефект Вайссенберга. Ефект Соре.

Продовження таблиці 8.2

1	2
Управління потоками аерозолів (пил, дим, туман)	Електризація. Електричні і магнітні поля. тиск світла.
Перемішування сумішей. Утворення розчинів	Ультразвук. Кавітація. Дифузія. Ефект Соре. Електричні поля. Магнітне поле в поєднанні з феромагнітною речовиною. Електрофорез. Солюбілізація.
Поділ сумішей	Електро- і магнітосепарація. Зміна уявної щільності рідини-роздільника під дією електричних і магнітних полів. Відцентрові сили. Сорбція. Дифузія. Осмос.
Стабілізація положення об'єкта	Електричні і магнітні поля. Фіксація в рідинах, що тверднуть в магнітному й електричному полях. Гіроскопічний ефект.
Силовий вплив. Регулювання сил. Створення великого тиску	Реактивний рух. Дія магнітним полем через феромагнітну речовину. Фазові переходи. Теплове розширення. Відцентрові сили. Зміна гідростатичних сил шляхом зміни уявної щільності магнітної або електропровідної рідини в магнітному полі. Застосування вибухових речовин. Електрогідрравлічний ефект. Оптико-гідрравлічний ефект. Осмос.
Зміна тертя	Ефект Джонсона - Рабек. Вплив випромінювань. Явище Крагельського. Коливання.
Руйнування об'єкта	Електричні заряди. Електрогідрравлічний ефект. Резонанс. Ультразвук. Кавітація. Деформація. Ефект Ребіндера. Вимушене випромінювання. Фазові переходи. Температурний градієнт. Швидкоплинні хімічні реакції. Вибух.
Акумуляція механічної і теплової енергії	Пружні деформації. Гіроскопічний ефект. Фазові переходи. Енергія хімічних реакцій.
Передача енергії: механічної, теплової, променевої, електричної	Деформації. Коливання. Ефект Александрова. Хвильовий рух, в тому числі ударні хвилі. Випромінювання. Теплопровідність. Ефект Зеєбека. Конвекція. Явище відбиття світла (світловоди). Вимушене випромінювання. Електромагнітна індукція. Надпровідність. Енергія хімічних реакцій.
Встановлення взаємодії між рухомим (мінливим) і нерухомим (незмінним) об'єктами	Використання електромагнітних полів. Використання потоків рідин і газів.
Вимірювання розмірів об'єкта	Вимірювання власної частоти коливань. Нанесення та зчитування магнітних і електричних міток. Вимірювання електричного опору та інших електромагнітних параметрів.
Зміна розмірів об'єктів	Теплове розширення. Деформації. Магнітоелектрострикція. Пієзоелектричний ефект. Ефект термічної пам'яті. Гідрування металів. Окислення. Фазові переходи.
Контроль стану і властивостей поверхні	Електричні розряди. Віддзеркалення світла. Електронна емісія. Муаровий ефект. Випромінювання.
Зміна поверхневих властивостей	Тертя. Наклеп. Адсорбція. Дифузія. Ефект Баушінгера. Термообробка. Електричні розряди. Механічні й акустичні коливання. Ультрафіолетове випромінювання. Хімічна та хіміко-термічна обробка.

Закінчення таблиці 8.2

1	2
Контроль стану і властивостей в об'ємі	Введення міток-речовин, що перетворюють зовнішні поля (люмінофори) або створюють свої поля (ферромагнетики), що залежать від стану та властивостей досліджуваного речовини. Зміна питомого електричного опору в залежності від зміни структури і властивостей об'єкта. Взаємодія зі світлом. Електро- та магнітооптичні явища. Поляризоване світло. Рентгенівські радіоактивні випромінювання. Електронний парамагнітний й ядерний магнітний резонанси. Магнітопружний ефект. Перехід через точку Кюрі. Ефекти Гопкінса та Баркхаузена. Вимірювання власної частоти коливань об'єкта. Ультразвук. Ефект Мессбауера. Ефект Холла.
Зміна об'ємних властивостей об'єкта	Зміна властивостей рідини (уявної щільності, в'язкості) під дією електричних і магнітних полів. Введення ферромагнітної речовини і дію магнітним полем. Тепловий вплив. Фазові переходи. Іонізація під дією електричного поля. Ультрафіолетове, рентгенівське, радіоактивне випромінювання. Деформація. Дифузія. Електричні та магнітні поля. Ефект Баушінгера. Термоелектричні, термомагнітні і магнітооптичні ефекти. Кавітація. Фотохромний ефект. Внутрішній фотоефект.
Створення заданої структури. Стабілізація структури об'єкта	Інтерференція хвиль. Стоячі хвилі. Муаровий ефект. Магнітні поля. Фазові переходи. Механічні й акустичні коливання. Кавітація.
Індикація електричних і магнітних полів	Осмо́с. Електризація тіл. Електричні розряди. П'єзо- та сегнетоелектричні ефекти. Електрети. Електронна емісія. Електрооптичні явища. Ефекти Гопкінса та Баркхаузена. Ефект Холла. Ядерний магнітний резонанс. Гіромагнітні і магнітооптичні явища.
Індикація випромінювання	Оптико-акустичний ефект. Теплове розширення. Фотоефект. Люмінесценція. Фотопластичний ефект.
Генерація електромагнітного випромінювання	Ефект Джозефсона. Явище індукованого випромінювання. Тунельний ефект. Люмінесценція. Ефект Ганна. Ефект Черенкова. Ефект Зеемана.
Управління електромагнітними полями	Екранування. Зміна стану середовища, наприклад, збільшення або зменшення його електропровідності. Зміна форми поверхонь тіл, взаємодіючих з полями. Пінч-ефект.
Управління потоками світла. Модуляція світла	Заломлення та відображення світла, Електро- та магнітооптичні явища. Фотопружність. Ефекти Керра та Фарадея. Ефект Ганна. Ефект Франца-Келдиша.
Ініціювання та інтенсифікація хімічних перетворень	Ультразвук. Кавітація. Ультрафіолетове, рентгенівське, радіоактивні випромінювання. Електричні розряди. Ударні хвилі. Нагрівання. Міцелярний каталіз.

Можна також вирішувати і зворотну задачу («на застосування»): для конкретного фізичного ефекту знаходять технічне задачу, в якій з його допомогою усувається будь-який недолік, усувається технічне протиріччя. При вирішенні завдань такого типу зручно користуватися покажчиком ефектів, складеним у формі: "фізичний ефект - можливе застосування, дія що

отримується". Найбільш ґрунтовним для таких випадків може бути довідник по фізичним ефектам [7].

8.4. Застосування хімічних ефектів

У хімії накопичений величезний об'єм знань, що представляють інтерес для винахідників. Скажімо, знання ефекту, відкритого голландськими хіміками, складається в тому, що реакції взаємодії деяких речовин супроводжується гучним клацанням з генерацією ультразвуку, може підказати допитливому розуму не одну оригінальну ідею. Такі знання теж можуть бути представлені винахіднику у вигляді показчика хімічних ефектів (повторює знайому вже форму показчика фізичних ефектів) – таблиця 8.3. Користувач цього показчика може працювати з ним або безпосередньо – при достатньому рівні знань хімії, або залучити експерта-консультанта з числа хіміків-технологів або теоретиків.

Таблиця 8.3

Показчик хімічних ефектів

Необхідна дія, властивість	Фізичне явище, ефект, факт, спосіб
1	2
1. Перетворення речовин	
Перенесення в просторі	Транспортні реакції, термохімічний метод у гідратному стані, в стислих газах, в гідридах, у вигляді частини майбутнього з'єднання, в абсорбентах, у вигляді вибухових сумішей, молекулярна самозбирання, комплекси, рідкі мембрани.
Зміна маси	Транспортні реакції, термохімічний метод, переведення в хімічно зв'язаний вид, переведення у гідратний стан, в екзотермічних реакціях.
Зміна концентрації	Транспортні реакції, переведення в хімічно зв'язаний вид і виділення, переведення в гідратний стан, в стислих газах, в гідридах, зміщення хімічної рівноваги, адсорбція-десорбція, напівпроникні мембрани, комплекси, рідкі мембрани.
Зміна питомої ваги	Переведення в хімічно зв'язаний вид, переведення в гідратний стан, гідриди.
Зміна об'єму	Переведення в хімічно зв'язаний вид, транспортні реакції, переведення в гідратний стан, розчинення в стислих газах, переведення в гідриди, в екзотермічних реакціях, в термохімічних реакціях, розчинення, при вибуху.
Зміна форми	Транспортні реакції, термохімічна обробка, газові гідрати, стиснуті гази, плавлення-тверднення.
Зміна електричних властивостей	Гідрування, відновлення окисів, розчинення солей, при СВС, нейтралізація електричних зарядів, при зміщенні хімічної рівноваги, електризації окисленням газів при радіоактивному

Продовження табл. 8.3

1	2
	опроміненні, гідрофільний шар, комплекси.
Зміна оптичних властивостей	Відновлення оксидів, генерація світла, зміна світлопропускної здатності, в мономолекулярних шарах.
Зміна магнітних властивостей	Гідрування, при СВС, окиснювачів, в кластерах.
Зміна біологічних властивостей	Переведення в хімічно зв'язаний стан, озонуванням, гідрофільність - гідрофобність, комплекси.
Зміна хімічних властивостей	Транспортні реакції, термохімічна обробка, хімічне зв'язування газів, газові гідрати, стиснуті гази, гідрування, відновлення окисів, екзотермічні реакції, плавлення-тверднення, розчинення солей при СВС, зміщення хімічної рівноваги, озонування в фотохромах, гідрофільність-гідрофобність, переведення в мікростан, комплекси, рідкі мембрани.
Зміна фазового стану	Транспортні реакції, термохімічна обробка, хімічне зв'язування газів, газові гідрати, стиснуті гази, гідрати, плавлення-тверднення, розчинення солей, виділення з розчинів, адсорбція-десорбція фотохромів.
Знешкодження (деструкція)	Переведення в хімічно зв'язаний вид, переведення в гідратний стан в стислих газах, гідрування, екзотермічні реакції, термохімічні реакції, розчинення, озонування, комплекси, рідкі мембрани.
Стабілізація (тимчасове зменшення активності)	Хімічне зв'язування газів, переведення в гідратний стан у стислих газах, в гідратах, плавлення-тверднення, в адсорбентах, комплекси.
Перетворення двох і більше речовин в одну	Транспортні реакції, термохімічний метод, хімічне зв'язування газів, газові гідрати, стиснуті гази, гідрати, окислення-відновлення, екзотермічні реакції, термохімічні реакції, розчинення, з'єднання взаємноактивних речовин, озонування, фотохромізм, комплекси.
Запобігання проникненню однієї речовини у іншу	Шляхом хімічного зв'язування одного з них, захист гідратами та розчиненням в стислих газах, захист гідратами, спалюванням, окисленням, від окиснювачів, гідрофільність-гідрофобність, напівпроникні мембрани, рідкі мембрани.
Нанесення однієї речовини на поверхню іншої	Транспортні реакції, в гідратному стані, за допомогою гідратів, окислення-відновлення, з'єднанням взаємно-активних речовин, фотохроми, електрохромів, молекулярна самозбирання, гідрофільність-гідрофобність, рідкі мембрани.
З'єднання різнорідних речовин (ущільнення, закупорка)	За допомогою гідратів, за допомогою гідридів, зварюванням, плавлення-тверднення, молекулярна самозбирання.
Поділ речовин (виділення однієї з іншої)	Транспортні реакції, виділення хімічно зв'язаних газів, зі стислих газів, з гідратів, відновлення з оксидів, зміщення хімічної рівноваги, з адсорбентів, з озонідів, гідрофільність-гідрофобність, напівпроникні мембрани, комплекси, рідкі мембрани.
Руйнування речовини	Транспортні реакції, термохімічний метод, руйнування хімічно зв'язаних речовин, виділення зі стислих газів, насичення воднем, руйнування окисів, спалювання, розчинення, зміщення хімічної рівноваги в сумішах, з'єднання взаємноактивних речовин, окислення, вибух.

Продовження табл. 8.3

1	2
Розміщення однієї речовини в іншій	Транспортні реакції, хімічне зв'язування газів, газові гідрати, в стислих газах, в гідридах, в абсорбентах, розчинення, комплекси, молекулярна самозбирання, рідкі мембрани.
Отримання нових речовин (синтез)	Транспортні реакції, термохімічний метод, хімічне зв'язування газів, газові гідрати, гідрати, відновлення з оксидів, екзотермічні реакції, термохімічні реакції, з'єднання взаємоактивних речовин, при зміщенні хімічної рівноваги, озонування окиснювачів, надокиснювачів, озонідів, молекулярна самозбирання, комплекси.
Організація замкнутого циклу по речовині (поглинання-виділення)	Транспортні реакції, хімічне зв'язування-виділення газів, розчинення в стиснутих газах, гідриди, адсорбція-десорбція, за допомогою озонідів, в електрохромах, комплекси, рідкі мембрани.
Побудова речовини з атомів	Транспортні реакції, виділення з хімічно зв'язаного виду, виділення зі стиснених газів, з гідридів, відновлення з оксидів, СВС, з'єднання взаємоактивних речовин, молекулярна самозбирання, напівпроникні мембрани, перехід молекула-агрегат, комплекси, рідкі мембрани.
Отримання речовин з добре організованою структурою (отримання чистих речовин)	Транспортні реакції, в хімічно зв'язаному вигляді, виділення зі стиснутих газів, з гідридів, молекулярна самозбирання, комплекси, рідкі мембрани.
Транспорт однієї речовини крізь іншу	Транспортні реакції, термохімічний метод, в хімічно зв'язаному вигляді, в стиснених газах, в гідридах, водень крізь метали, в термохімічних реакціях, з використанням фазового переходу, при зміщенні хімічної рівноваги, в адсорбованому вигляді, напівпроникні мембрани, комплекси, рідкі мембрани.
2. Перетворення енергії	
Отримання теплоти (введення теплової енергії в систему)	Спалювання газових гідратів, спалювання водню, за допомогою гідридів, енергоємні речовини, екзотермічні реакції, з використанням сильних окиснювачів, при розкладанні озону.
Отримання холоду (відвід теплової енергії з системи)	Розкладання газогідратів, за допомогою гідридів, ендотермічні реакції, при розчиненні.
Отримання механічного тиску	Розкладання газогідратів, розкладання гідридів, зменшення міцності металів при насиченні воднем, розбухання металів, при розкладанні рідкого озону.
Генерація світлового випромінювання	Хемілюмінесценція.
Акумулювання теплоти	У хімічних реакціях, при фазових переходах.
Акумулювання холоду	В гідридах.
Акумулювання світлової енергії	Фотохромізм.
Транспортування теплової енергії	Транспортні реакції в гібридних акумуляторах.
Транспортування (стік) статичної електрики	Металізація тканин, обробка озоном, гідрофільні покриття.
Регулювання світлової енергії	Фотохромізм.

1	2
Енергетичні впливи на речовину	Коронний розряд, радіоактивне випромінювання, кавітація, УФ-випромінювання, електричне поле, електричний струм, електромагнітне поле, ГЧ-випромінювання, НВЧ-розряд, видиме світло, теплова енергія.
3. Перетворення інформації	
Індикація поточної інформації про речовину	Водень, металоорганічні домішки в газі, озоні, хемілюмінесценція в реакціях окислення, флуоресценція, гідрофотографія, гідродинаміка потоків.
Індикація інформації про енергію	Тепловий ефект при фазовому переході, теплової в термохромах, коронного розряду при утворенні озону, радіоактивного розряду при утворенні озону, радіоактивного випромінювання при утворенні озону, радіоактивного випромінювання в радіохромах, видимого випромінювання в фотохромах, УФ-випромінювання в фотохромах.

8.5. Геометричні ефекти та їх застосування

Геометричні ефекти – це ті чи інші зміни форми (об'єктів, виробів), які можуть використовуватися у винахідницькій інтелектуальній технології та практиці. Як і попередні (див. табл. 8.2 і 8.3), гостро потрібен винахіднику й показник геометричних і взагалі математичних ефектів. Як часто винахідники роками б'ються над своїми проблемами, не знаючи, що вони вже давно вирішені математиками, треба тільки відшукати відповідну наукову роботу та розібратися в «джунглях» теорем, висновків і наслідків. Але проблема в тому-то й полягає, що серед сотень тисяч теорем йому розібратися, по-перше, нема коли, а по-друге, важко через суто спеціальну мову сучасної математики.

Вихід полягає знову ж у використанні довідників, створених на стику математики й техніки, де без довгих доказів наводиться тільки суть ідеї. Так «для глушіння шуму можна використовувати властивості такої геометричної фігури, як тор»; якщо хочете «просто міняти кривизну робочого органу машини ви можете його виконати у вигляді гіперболоїда обертання» та ін. Суть математичного ефекту полягає у вказівці того, де можна практично застосовувати ту чи іншу теорему. Багато хто знає головну властивість стрічки Мебіуса – вона має односторонню поверхню. Цю властивість експлуатують в десятках патентів: є шліфувальні стрічки, закручені по Мебіуса, що подвоює довжину шліфувального шару; є транспортери для сипучих матеріалів зі стрічкою Мебіуса. Але у стрічки є ще кілька властивостей, які можна застосувати в техніці, а винахідники про них інформовані туманно.

Безліч винаходів створено з використанням спіралей, роликів і кульок. Особливо останніх, винахідницька «спеціалізація» яких почалася ще в Стародавньому Єгипті, де по колодах (роликах) пересували до місця будівництва пірамід кам'яні блоки масою 20, і навіть 420 тонн. Кулі активно використовуються в різних пристроях з передачі зусиль. Так, різні кулькові передачі також передають тиск, ударні імпульси, крутильний момент, перетворюють обертальний рух у зворотно-поступальний тощо.

У числі інших прийомів варто згадати часто застосовувані прийоми матрьошки (вкладення один в одного, наприклад порожніх контейнерів при їх транспортуванні), а також асиметрії (наприклад, в шинах з дещо більшою міцністю з боку бордюру).

Узагальнюючи, можна відзначити, що застосування подібних та інших геометричних ефектів є однією з нових реалізацій такого вже описаного вище інструменту пошуку, як матеріально-польові ресурси (МПР), яким в даному випадку є форма об'єкта в поєднанні з розглянутими тут численними прийомами її можливих змін. Продовжимо їх розгляд.

Чимало винаходів пов'язано зі зміною круглої форми на трикутну або квадратну. Так, за допомогою фрез і свердел, виконаних у вигляді трикутника Рело, можна свердлити квадратні отвори. Циліндричний верх і квадратний низ картонних упаковок (наприклад, з соком, молоком) дозволяє щільніше їх розміщувати в піддонах для перевезення та спростити останні. Закручуючи гвинтом струмінь води або газу, підвищують ефективність обробки ними виробів, і збільшують дальність польоту струменя з брандспойта. А вите виконання труб різних пристроїв підвищує інтенсивність процесів перемішування або теплообміну. Використання парабол часто зустрічається в оптиці, а еліпсів – в найрізноманітніших пристроях, де потрібне підвищення міцності в одному з напрямків.

Відомо чимало інших корисних груп геометричних ефектів. Наприклад, створення ексцентриситету робочих органів ріжучих машин, що дозволяє інтенсифікувати їх роботу.

Особливо цікаво різноманіття можливостей винахідницького застосування таких геометричних форм, як гофри та щітки. Перші не тільки підвищують міцність багатьох конструкцій (зокрема й будівельних), а й допомагають інтенсифікувати багато виробничих процесів, пов'язаних з рухом великих мас речовини, зберігаючи при цьому часто затрачену енергію. В основі

цієї властивості гофрів – всім відома властивість будь-якої трубки (навіть з аркуша паперу) протистояти вигину. А гофр – це "напівтрубка", зрізана уздовж її вісі. Численні – а часто й несподівані – застосування щіток. Причому не тільки для обробки поверхонь або створення рухомих контактів. Це амортизатори, що працюють за рахунок властивості щіток протистояти тиску, причому – пружно. А також фіксатори, теплообмінники з розвинутою поверхнею, швидкороз'ємні з'єднання, навіть рушій в транспортному засобі винахідника А.Г. Григор'єва, який замінив не тільки колесо, але й коробку передач та гальмівну систему.

Геометричні ефекти часто добре поєднуються і посилюються фізичними ефектами, або навпаки – геометричні ефекти підсилюють фізичні ефекти. Наприклад, проаналізовані фізичні властивості сипучих тіл. Вони займають проміжне положення між твердими тілами та рідинами. У порівнянні з першими вони мають велику питому поверхню й рухливість. А на відміну від рідин сипучі тіла здатні в певних межах зберігати форму, не передають рівномірно тиск на всі напрями, при певних умовах не витікають з щілин й отворів, незважаючи на те, що розміри останніх перевищують розміри частинок сипучого тіла. Проте цілий ряд впливів здатний значно змінювати ці властивості в ту чи іншу сторону. Наприклад, вібрації здатні сильно підвищити текучість суміші, зокрема за допомогою технологічного режиму "киплячого шару". А навіть невелике рівномірне змочування піску – наприклад, під час дощу при його пневмозавантаженні у вагон – здатне різко знизити текучість піску та запобігти його розвантаженню висипанням через донні люки вагону. В роботі [8] наводиться безліч прикладів винахідницького застосування таких властивостей, які можуть бути використані в практичному пошуку винаходів, як завдання-аналоги.

На закінчення цієї частини відзначимо важливу функцію геометричних ефектів в зіставленні з функціями ефектів інших видів. Так, хімічні ефекти дозволяють отримувати одні речовини з інших з поглинанням або виділенням енергії. Фізичні ефекти дозволяють часто перетворювати один вид енергії в інший. А геометричні ефекти зазвичай перерозподіляють уже наявні потоки енергії і речовини. Показчик деяких геометричних ефектів наведено в таблиці 8.4.

Показчик геометричних ефектів

Необхідна дія, властивість	Геометричний ефект
1	2
Зменшення або збільшення об'єму тіла при незмінній масі	Щільна упаковка елементів. Гофри. Однопорожнистий гіперболоїд.
Зменшення або збільшення площі або довжини тіла за тієї ж маси	Багатоповерхова компоновка. Гофри. Використання фігури зі змінним перерізом. Стрічка Мебіуса. Використання сусідньої площі.
Перетворення одного виду руху в інший	Трикутник Рело. Конусоподібна трамбування. Кривошипно-шатунна передача.
Концентрація потоку енергії, часток	Параболоїд, еліпс, циклоїда.
Інтенсифікація процесу	Перехід від обробки по лінії до обробки по поверхні. Стрічка Мебіуса. Ексцентриситет. Гофри. Гвинт. Щітки.
Зниження втрат енергії або речовини	Гофри. Зміна перерізу робочих поверхонь. Стрічка Мебіуса.
Підвищення точності обробки	Спеціальний підбір форми або траєкторії руху обробного інструменту. Щітки.
Підвищення керованості	Щітки. Гіперболоїд. Спіраль. Трикутник. Використання об'єктів, що змінює форму. Перейти від поступального руху до обертального. Неспіввісність гвинтового механізму.
Зниження керованості	Ексцентриситет. Заміна круглих об'єктів на багатокутні.
Підвищення терміну служби, надійності	Стрічка Мебіуса. Зміна площі контакту. Спеціальний вибір форми.
Зниження витрат	Принцип подібності. Конформні відображення. Гіперболоїд. Використання комбінації простих геометричних форм.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бойченко Б.М. Конспект лекцій. Методичні вказівки до виконання курсової роботи і практичних занять з дисципліни «Основи технічної творчості». – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 34 с.
2. Пигоров Г.С., Козинец В.П., Махмудов А.Г., Антоненко С.В., Малый В.В., Козинец В.В., Резник Н.А. «Креатология и интеллектуальные технологии инновационного развития»: Учебник для ВУЗов. – Днепропетровск: Пороги, 2003. – 502 с.
3. Селюцкий А.Б., Слугин Г.И. Вдохновение по заказу. Уроки изобретательства. – Петрозаводск: “Карелия”, 1977. – 190 с.
4. Арист Л.М. Путь в изобретательство. – Днепропетровск: Промінь, 1986. – 184 с.

5. Чус А.В., Данченко В.Н. Основы технического творчества. – Киев-Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 184 с.
6. Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» (<http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3687-12&p=1284711095053132>)
7. Физэффекты в машиностроении: справочник. – М.: Машиностроение, 1993. – 224 с.
8. Правила игры без правил. Сборник основных материалов по ТРИЗ, серия «Техника-молодежь-творчество» / Составитель Селюцкий А.Б. – Петрозаводск: Карелия, 1989. – 280 с.