

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет



КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
“Інженерне проектування”

для студентів спеціальності
172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми
«Радіoeлектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні
технології мікросистемної радіoeлектронної техніки»)
усіх форм навчання

2017

Конспект лекцій з дисципліни "Інженерне проектування" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіoeлектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад.: Поспеева І.Є., Шило Г.М. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 90 с.

Укладачі: Поспеева Ірина Євгенівна, ст. викладач;
Шило Галина Миколаївна, доцент.

Рецензент: Бугрова Тетяна Іванівна, канд. техн. наук,
доцент каф. РТТ

Відповідальний за випуск: Шило Галина Миколаївна,
канд. техн. наук, доцент, в.о. зав. каф. ІТЕЗ

Розглянуто
на засіданні кафедри ІТЕЗ
протокол № 6 від 23.01.17 р.

Затверджено
на засіданні НМК ФРЕТ
протокол № 5 від 26.01.17 р.

ЗМІСТ

1 ТВОРЧИСТЬ У ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	4
1.1 Фактори, що стримують творчість	4
1.2 Творчі здібності людини	14
2 ЗАКОНИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	20
2.1 Традиційне та системне інженерне проектування.....	20
2.2 Еволюція техніки. Тенденції та закономірності в розвитку технічних систем.....	23
2.3 Людино-машинні системи. Взаємодія техніки та людини	24
2.4 Етапи розвитку технічних систем	27
2.5 Чи існують об'єктивні закони розвитку техніки?	31
2.6 Закони розвитку технічних систем за Г.С. Альтшуллером	35
3 МЕТОДИ ЗНАХОДЖЕННЯ НОВИХ РІШЕНЬ	38
3.1 Метод проб і помилок	38
3.2 Мозковий штурм	40
3.3 Синектика	42
3.4 Метод контрольних запитань	46
3.5 Інші методи знаходження нових рішень	48
4 ТЕОРІЯ ВИРІШЕННЯ ВІНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ.....	50
4.1 Основні поняття	50
4.2 Прийоми (принципи) усунення технічних протиріч	50
4.3 Алгоритм вирішення винахідницьких задач	53
4.4 Метод маленьких чоловічків (ММЧ)	57
4.5 Розширені можливості АВВЗ	62
ЛІТЕРАТУРА.....	65
Додаток А Алгоритм вирішення винахідницьких задач АВВЗ-77	66
Додаток Б. Алгоритм вирішення винахідницьких задач АВВЗ-85-Б ...	73

1 ТВОРЧІСТЬ У ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Фактори, що стримують творчість

Якщо новий розроблюваний виріб не містить істотної новизни в порівнянні з існуючими виробами того ж функціонального призначення, то це означає, що розроблювачі підійшли до створення цього виробу не творчо. Нетворчий підхід до виконуваної роботи є найчастіше джерелом багатьох помилок, причому найголовніша полягає в тому, що такі вироби часто не користуються попитом у споживача, їхнє моральне старіння настає дуже швидко, а багато нових розробок відправляються «на поліці», так і не дійшовши до серійного виробництва.

Щоб уникнути цього вкрай негативного явища, необхідно збільшити швидкість наростання нових технічних рішень. Якщо порівняно недавно принципово нові рішення з'являлися раз у десять, п'ятнадцять років, і були вони наслідком здогадів, прозрінь окремих творчих особистостей, то сучасне життя диктує нові умови праці інженера, воно формує замовлення на масову творчість усіх людей, причетних до створення техніки.

Творчість генетично закладена в людині. Саме завдяки їй людина стала людиною, створила науку, техніку, мистецтво. Тоді законні питання:

- чому не всі люди творці?
- чому суспільство не завжди терпимо, доброзичливо ставиться до творців нового?
- чому життєвий шлях винахідників і новаторів вистелений не трояндами, а частіше тернями і кропивою?

Дати вичерпні відповіді на ці питання неможливо. Якщо якимсь чином можна було б довідатися, що перешкоджає появі нових ідей, тоді, можливо, удалося б поліпшити здатність виробляти нові ідеї, самостійно ставити оригінальні задачі і знаходити нетривіальні шляхи їхнього вирішення. Спробуємо проаналізувати лише деякі фактори, що гальмують творчість.

Недоліки освіти. Як відзначалося вище, наш мозок складається з двох півкуль, одна відповідає за логіко-мовне мислення, інша реалізує мислення на рівні почуттєвих образів, упізнавання

ситуації, і з нею зв'язані здогади, ідеї, гіпотези, інтуїція і т. ін. Усе наше виховання і навчання спрямовані на розвиток логічного, раціонального, аналітичного мислення і свідоме чи несвідоме гальмування творчого, образного мислення. Залишається часом тільки дивуватися, чому люди продовжують творити всупереч усьому.

До недоліків нашої середньої і вищої освіти відноситься також і те, що вона в переважній більшості випадків інформативна, дає великий обсяг інформації, але ця інформація вже оброблена, згорнута, часом не потрібно ніякої праці, щоб здобути її, потрібно лише її запам'ятати. Пошуки, омани, помилки, зіткнення поглядів, боротьба протиріч – усе залишається осторонь. А це викликає, з одного боку, споживче ставлення, а з іншого боку – сліпу віру в цю інформацію, у догму, у її непогрішність. Врешті-решт це веде до гальмування творчого мислення. Наші школярі старших класів, не кажучи вже про студентів, знають більше, і знання їх достовірніше, ніж ті, якими володіли Аристотель, Сократ, Платон, але з цього не виходить, що вони мислять так само глибоко.

Шаблонність мислення. Якщо виникає задача й об'єктивно існують кілька способів її вирішення, то мозок послужливо пропонує варіант рішення найдосяжніший, найчастіше найбільш шаблонний, і блокує всі інші варіанти рішення. Шаблонному мисленню властиві обмеження, що роблять його неефективним для відшукування нових ідей. У той же час обмеження шаблонного мислення мають і свої позитивні сторони.

Функціональна організація мозку, будучи оптимізуючою системою, змушує його інтерпретувати будь-яку ситуацію найімовірнішим способом. Ступінь імовірності визначається досвідом і вимогами даного моменту. Шаблонне мислення оперує високими імовірностями, без цього повсякденне життя було б неможливе. Будь-які відчуття чи дію довелося б аналізувати найретельнішим чином, оскільки вони потребували б доказів. Задача мислення зводиться до того, щоб дати можливість приступити до дії на основі усвідомленої ситуації. Це стає можливим тільки тоді, коли найбільш імовірна інтерпретація будь-якої ситуації спонукає до найбільш ефективних дій.

Жорстка регламентація праці. Робота за жорстко заданою схемою, що виключає творчий підхід. Наприклад, робота на конвеєрі.

Надмірна спеціалізація. На кількість і якість нових ідей може негативно вплинути вантаж великих знань і досвіду в даній області. (рис. 1.1).

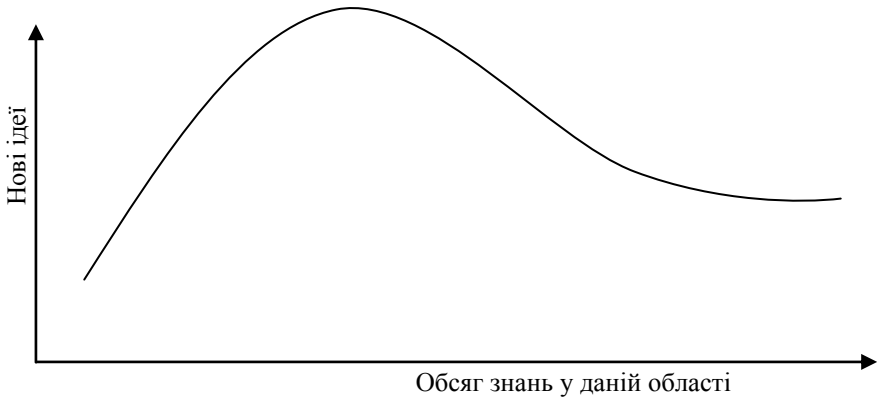


Рисунок 1.1 – Залежність кількості нових ідей від наявних знань у даній області

Природньо, коли цілком відсутні знання про об'єкт чи процес, що розглядається, тоді появи нових ідей очікувати не варто, однак при накопиченні таких знань кількість нових ідей зростає, але при досягненні деякого максимуму (у різних людей він різний) помічається спад виникнення нових ідей. Цей феномен пояснюється тим, що чим більше інженер знає в даній області, тим більше вантаж наявних знань і колишнього досвіду блокує потік нових ідей – «Які можуть бути нові ідеї, якщо усе про цей об'єкт відомо і це все я знаю?». При цьому «коліщата» уяви грузнуть у великому обсязі наявних знань. Відзначено, що незнання веде до «відкриття» відкритого, багатознання – до мислення стереотипами.

Щоб уникнути цього небажаного явища, у деяких випадках доцільно згодом змінювати сфери виробничих і наукових інтересів і напрямків робіт. Так академік АН СРСР Л. Д. Ландау в різні часи своєї наукової діяльності працював у різних областях фізики: магнетизму; надтекучості і надпровідності; фізиці твердого тіла, атомного ядра, елементарних часток, плазми; квантовій електродинаміці; астрофізиці й ін., і у всіх областях своєї діяльності досяг величезних успіхів і міжнародного визнання (лауреат Нобелівської премії в 1962 р.).

У поліції США відбувається ротація співробітників через п'ять років. Наприклад, п'ять років співробітник займався боротьбою з наркобізнесом, потім йому доручають роботу з підлітками, а ще через 5 років він займається банківськими аферами і т. ін. При такому підході співробітник зі сторони приносить нові ідеї, свіжий погляд новачка на сформований стан справ, що сприяє появі нових ідей.

Історія техніки дає численні приклади того, що нові ідеї часто пробивають собі дорогу не шляхом переконання опонентів, а шляхом їхнього вимирання, тоді як нове покоління сприймає їх значно легше, тому що не обтяжене вантажем колишніх знань.

Вузька спеціалізація інженерів часто не дозволяє їм відірватися від сформованих понять і вирішити поставлену задачу новим способом. Норберт Вінер бачив корінь зла саме в спеціалізації. «З деяких пір наука стає усе більш справою фахівців, області компетенції яких виявляють тенденцію до усе більшого звуження. В даний час лише деякі вчені можуть дозволити собі бути математиками, чи фізиками або біологами, не додаючи до цього подальшого обмеження. Учений стає тепер технологом, або акустиком, або фахівцем з «жорсткокрилих». Часто вузька спеціалізація інженерної діяльності заважає фахівцю вільно орієнтуватися в проблемах і задачах своєї ж галузі, позбавляє його широти поглядів на факти і явища. Ускладнення техніки з одного боку, спеціалізація інженерної праці з іншого боку, часто приводять до появи «нічийних» задач при проектуванні.

Побоювання критики, вплив авторитетів.

Усе, що робить людина, має для неї особистісний зміст, тому її діяльність завжди емоційно забарвлена.

Коли робота не цікава виконавцю, то вона для нього найчастіше втрачає зміст, людина ставиться до неї байдуже, прагне скоріше її позбутися, зробити її нашвидкуруч.

Якщо ж робота до душі, відповідає інтересам людини, то вона викликає позитивні емоції: задоволення, радість, гордість за зроблене, бажання досягти більшого і т. ін. Найяскравіше емоційне забарвлення виявляється при вирішенні творчих задач. Творчість завжди особиста, значуща, і самостійно знайдені ідеї завжди дорогі її автору. Але нова ідея ще не апробована, деякі її аспекти не ясні навіть самому автору, у ній легко можна знайти деякі неточності і вади.

Що таке нова ідея? – тонкий, слабенький паросток, що ще не зміцнів, не сформований, і за допомогою нашої логіки, розумних доводів її легко можна розкритикувати, показати всю її неспроможність, а то просто і зло висміяти. І цього уроку новатору іноді буває досить на все життя. Людина, що висловлює ідеї, звичайно почуває себе скривдженою, якщо для критики її ідей використовують трафаретні вирази, не вдаючись у суть самих ідей. На жаль, набагато легше критикувати, ніж правильно оцінити ідею. Публічне осміювання, негативна критика безумовно є негативними факторами, що гальмують ініціативу і творчий підхід до справи.

Людина, що хоч раз відчула таке ставлення навколишніх до своєї ідеї, найчастіше утрачає всякий інтерес до творчості, до висування нових ідей, і вона двічі, тричі подумає, перш ніж насмілиться ще що-небудь запропонувати. Це добре ілюструє гіпотетичний приклад.

– На металургійному заводі скликають нараду. Мова йде про будівництво нових підкранових колій, вже уточнили трасу, вантажопідйомність, терміни, вартість. І в той момент, коли директор збирається вимовити заключне слово, якийсь Мюллер випалює: «Але адже ми катаємо малогабаритний лист! Раціональніше замість крана встановлювати стрічковий конвеєр!» Ще не закінчивши, він уже шкодує про сказане. Його пропозицію зустрічають негативно:

директор – тому, що нова точка зору вимагає поновлення дискусії;

головний конструктор – тому, що критикується його проект;

начальник транспортного цеху – тому, що Мюллер вліз у його

епархію;

товариш Майер – тому, що, як він чув, стрічковий конвеєр важко дістати;

головний бухгалтер – тому, що його лякає подорожчання проекту;

товариш Шульце – просто тому, що не виносить Мюллера.

При усьому тому кожний з учасників наради не преминув би заявити, що завжди вітає свіжі ідеї... Іноді і ми буваємо настроєні проти якихось нововведень лише тому, що вони нібито беруть під сумнів наш авторитет; створюють нам додаткову роботу; побічно нас

критикують, а також тому, що за звичкою чи через обережність простіше сказати «Не піде!»

У деяких випадках появі нових ідей перешкоджає прийнята в суспільстві парадигма (наукова теорія, втілена в систему понять; що висловлює істотні риси дійсності; вихідна концептуальна схема, модель постановки проблем і їх рішення, методів дослідження, що панують протягом певного періоду часу), а також висловлення і твердження авторитетних учених і видатних інженерів.

Якщо людина сприйняла інформацію від учителя, батьків, реклами чи іншого джерела, і твердо повірила, що висловлена думка відповідає дійсності, то над нею вона знаходить таку ж владу, як і слова професійного гіпнотизера. Сила гіпнозу в переконанні. А. Ейнштейна якось запитали, яким чином він відкрив теорію відносності. Він відповів: «Засумнівався в аксіомах». Механізму впливу авторитетів (механізму «навіювання») ми торкнулися раніше.

Спостерігається один із самих різючих парадоксів: людство має потребу в нових ідеях, нових знаннях, що служать джерелом його розвитку і могутності, але разом з тим окремі представники суспільства активно протидіють новому, перешкоджають йому, і причина тут найчастіше не тільки в рутині і відсталості. Так у чому ж джерела сторожкості, а часом і ворожого ставлення до нового?

Причини можуть бути найрізноманітніші.

Здоровий скептицизм, що дозволяє засумніватися в доцільності нової ідеї, нового підходу, що є, безумовно, позитивним явищем. Нове завжди виходить за рамки загальноприйнятого, воно не сумісне зі сформованою системою знань, і тому спочатку воно відкидається. Тут можна провести аналогію з біологічною несумісністю, коли організм не сприймає чужорідну тканину, чужорідний орган і відкидає їх. Джерела скептицизму – у бажанні захистити наявний практичний і науковий досвід від химер, оман, витань у хмарах. Але обережність корисна до певних меж. Коли ідея довела свою життєздатність, практичну реалізуємість і доцільність, то вона повинна бути правильно сприйнята і визнана, і всіляки перешкоди до її реалізації, упровадженню є факт безумовно негативний.

Причина негативного ставлення до нових підходів і ідей має глибокі психологічні корені. Людина, що засвоїла будь-яку істину, часто так зживається з нею, що сама стає її бранцем. К. Маркс помітив, що ідеї, що опановують нашою думкою, підкорюють наші

переконання. Це узи, з яких не можна вирватися, не розірвавши свого серця.

Таке ставлення до нового характерно для дуже багатьох людей, так А. Ейнштейн відкидав теорію ймовірності; уся знаменита і всесвітньо відома російська школа математиків XIX в. не визнавала геометрію Н. Лобачевського; Е. Резерфорд до кінця своїх днів був переконаний, що люди ніколи не зможуть використовувати в практичних цілях енергію атомного ядра і т. ін.

Боротьба старого з новим. Творчість завжди зв'язана з виходом за рамки відомого, апробованого, устояного, вона розширює обрії пізнаного. «Усе нове ніколи не буває необразливим тому, що воно знищує те, що вже існує» Ф. Бекон. Нове завжди руйнує старе, змінює сформований стан справ, а тому небезпечне.

У середні віки інквізиція спалювала на багаттях відьом, чаклунів, язичників, а також і творців, учених (спалили Дж. Бруно, відлучили від церкви Галілея і т. ін.), тому що і ті й інші порушували сформовані стереотипи, систему пануючих поглядів.

Людина – творець, бажає чи не бажає цього, але вона є порушувачем спокою, а тому не завжди зручна, не завжди її діяльність знаходить застосування і підтримку, і часом необхідна особиста мужність новатора, щоб відстоювати свої права.

Творча особистість завжди руйнує сталу рівновагу, виводить в область невідомого, незвичного, а отже небезпечного, непередбаченого, тому іноді творчі особистості зазнають деякі труднощі в спілкуванні, викликають невдоволення навколишніх, у першу чергу через такі якості, як сумнів у загальноприйнятих істинах, бунтарство, неприйняття традицій, неповажне ставлення до авторитетів, підвищене прагнення до самоствердження.

Бажання уникнути зайвих проблем і додаткової роботи. Як правило, упровадження нової ідеї вимагає перегляду якихось позицій, порушення сформованих відносин і традицій, додаткових витрат і просто доставляє комусь зайву роботу, заботи і турботи. Тому багато хто воліє відразу сказати «ні», убити ідею в її зародку. Виявляється й в убивць ідей теж є стратегія:

- це не буде працювати!
- ця ідея не годиться!
- це ніхто не купить
- це занадто дорого!

- це я вже бачив!
- гарна ідея, але...
- чи не занадто це рано?
- чи не пізно?
- чи не суперечить це досвіду? Чи не старомодно це? Невже немає нічого краще?;
- теоретично так, ...але! Це повітряні замки;
- невже у Вас на більше не вистачає фантазії?;
- так дешево і так добре?;
- Ви це правильно видумали, але навряд чи це можна буде виконати!;
- це взагалі не може функціонувати! Якщо це так добре, чому це ще нікому не спало на думку?;
- так ми ніколи не робили, і завжди було гарно!;
- це потрібно ґрунтовно обміркувати. Організуємо комісію;
- але це адже не заплановано! У нас уже занадто багато проєктів! Немає часу! Це не наша справа!;
- Ви знаєте це краще нас? Як Ви думаєте, хто Ви? Експерти мають про це зовсім іншу думку!

...

Місництво, захист «честі мундира» виявляється у висуванні на перший план вузькомісцевих інтересів, що наносять збиток загальній справі. Іноді важлива народногосподарська проблема вирішується великим колективом співробітників протягом багатьох років без видимих успіхів. І отут приходить людина зі сторони з пропозицією, що дозволяє ефективно вирішити дану проблему. Нерідкі випадки, коли цінна ідея відкидається тільки тому, що «це зроблено не в нас». Навіть дуже перспективні ідеї, новинки можуть затримуватися, а то й витіснятися менш ефективними, але пропонованими тими, хто розробляє їх у відповідності із своїми посадовими обов'язками й у плановому порядку.

Утрата статусу (соціальна причина).

Нерідкі випадки, коли впровадження нового зустрічає опір окремих мікро- і макрогруп, специфічні інтереси яких зачіпаються нововведенням.

Мова йде про ті посадові, відомчі, професійні групи, від яких залежить вирішення проблем нововведення. Яким би не було

прогресивним нововведенням, завжди знайдуться соціальні групи, зацікавлені в збереженні сформованого стану справ, тому що зжилися, зрослися з ним. Прямо чи побічно вони схильні протидіяти небажаним для них змінам. Так розширенню прав і свобод регіонів чинять опір деякі структури центру через утрату влади чи навіть погрози ліквідації деяких з них.

Протидія нововведенню спостерігається і тоді, коли воно призведе до втрати чи зниження статусу окремої групи працівників або зменшенню творчого елемента їхньої праці. Причина всіх цих негативних проявів полягає в тому, що не існує (та й не може існувати) повної тотожності між інтересами особистості, колективу і суспільства.

Страх перед невдачею, прагнення уникнути ризику. Ризик є витрата зусиль, засобів при невизначеному співвідношенні виграшу і втрат, шансу на удачу і краху.

Ризик можна класифікувати за різними підставами. Можна говорити про ризик виправданий і невинуватий (по вазі шансів); сліпий і раціональний, тобто на удачу чи з розрахунку; добровільний і змушений. Ризик розрізняють за ступенями імовірності досягнення бажаного результату, за сферами (виробничий, технологічний, фінансовий). Є ризик активний, він походить від ініціативи, є пасивний – від бездіяльності.

«Інженерні конструкції не можуть розгортатися і розвиватися за сюжетами один раз продуманого сценарію, при використанні добре продуманих рішень. Не можна довго гнати батоном ті самі інженерні рішення по одній дорозі. Рано чи пізно утворяться затори. Потрібні нові рішення, нові ідеї, але їх одержати не можна без ризику оступитися, захопитися».

Пасивна інноваційна політика, бажання нічого не змінювати, нічим не ризикувати, особливо коли справи йдуть добре, може призвести згодом до важких наслідків. Ще на початку минулого століття Г. Форд відзначав : «Бізнесмени йдуть до дна разом зі своїм бізнесом тому, що настільки закохані в колишні порядки, що не можуть змусити себе змінити їх».

Система оцінки праці. За допомогою покарання, наприклад, поганих оцінок, доган, позбавлення премій і т. ін. можна домогтися збереження стійкості системи, запобігти виходу за її

границі, але це не може привести до розвитку, удосконалення системи, і навпаки – заохочення за добре виконану роботу, похвала, винагорода сприяють подальшому розвитку системи, її удосконаленню і в остаточному підсумку до розвитку творчості. Як пояснення приведемо результати експериментів Е. Л. Щелкунова, що навчав пацюків знаходити вихід з лабіринту. В одній групі тварин, якщо пацюк відхилявся від правильного шляху, його бив електричний струм. В іншій, якщо пацюк рухався правильно, він одержував ласі шматочки. В обох групах навчання було однаково успішним (було потрібна однакова кількість уроків). Однак коли потім частина перешкод у лабіринті була усунута так, що з'явилася можливість спростити трасу, тварини, навчені страхом, продовжували тупо слідкувати колишнім шляхом. Пацюки ж, навчені заохоченням, зберегли «творчі здібності» і знайшли простішу дорогу. Видимо, збагнення «істини», що дається заохоченням, визнанням має перевагу перед механічним закріпленням догм. Воно не руйнує здатність до подальшої творчості, а, навпаки, «учить натхненню». У сучасній виробничій психології визнана практична перевага заохочення перед покаранням. З виробничої точки зору добре ставлення до людини «вигідніше» поганого ставлення.

Висока самокритичність. Є одним з факторів, що гальмують творчий початок. Бажання максимально чітко і ясно висловити нову ідею, представити її в закінченому, досконалому вигляді, позбавлену усіх слабостей і недоліків, може загальмувати ідею, не дати їй можливості розвиватися.

Іноді прагнення досягти ступеня строгої логічної доказовості нової ідеї може погубити її і привести до творчого тупика. Важливо вміти стримати в собі критичний настрій, позбутися внутрішніх заборон.

Серед інших факторів, що гальмують творчість людини, можна назвати просту людську лінь, а також заздрість навколишніх і колег. Недарма говорять, що немає пророка у своїй батьківщині. Так професор Г. А. Ілізаров, досягнення якого в області ортопедії і травматології були визнані в усьому світі, не був обраний колегами академіком академії медичних наук.

Іноді заздрість може стати стимулом творчих зусиль, бажанням і самому бути не гірше. На це у свій час звернув увагу О. С. Пушкін «Заздрість – сестра змагання, отже, з гарного роду».

1.2 Творчі здібності людини

Творчі здібності притаманні будь-якій людині, і потрібно лише зуміти розкрити їх і розвинути. Розглянемо деякі з них.

Зіркість у пошуках проблем. З усього розмаїття інформації, що надходить із зовнішнього світу, людина звичайно сприймає лише ту, котра укладається в сформовану систему знань і уявлень, іншу інформацію несвідомо відкидає.

На сприйняття впливають звичні ставлення, оцінки, почуття, а також прихильність до загальноприйнятих поглядів і думок.

Ми дуже часто бачимо щось саме таким не тому, що воно таке, а тому, що ми знаємо, яким воно повинно бути.

Здатність побачити те, що не укладається в рамки раніше засвоєного, – це щось більше, ніж просто спостережливість.

Дивитися і бачити – не одне й те ж саме. Свіжість погляду, зіркість зв'язана не з гостротою зору, а з якістю мислення.

Здатність до згортання розумових операцій. Людина має здатність до згортання довгого ланцюга міркувань і заміні їх однією узагальнюючою операцією. Заміна декількох понять одним більш ємним, більш абстрактним, є ефективним засобом згортання інформації. Надзвичайно інформативні такі поняття як «технологічність», «надійність» і т. ін. У чотирьох символах формули $U=I \cdot R$ сконцентрована колосальна інформація. Організація і символізація матеріалу дозволяють згортати в ємні блоки величезну кількість інформації. Так англійський фізик Д. Максвелл усю теорію електромагнітного поля зумів відобразити лише декількома рівняннями.

Наскільки великою є роль зручної символізації матеріалу, видно з наступного приклада. Щоб навчитися арифметичному діленню, у середні віки було потрібно закінчити університет... Якщо згадати, що в ті часи користувалися римськими цифрами, то ясно стане, чому ділення мільйонних чисел було доступне лише бородатим чоловікам, що присвятили цьому заняттю все життя. З введенням арабських цифр усе перемінилося. Використання десяткової системи числення дозволяє сьогодні десятилітньому школяреві за допомогою найпростішого набору правил поділяти і мільйони і мільярдні числа.

Чітке і стиснуте символічне позначення, лаконічна форма викладання розробленої теорії вимагають нестандартного мислення і носить творчий характер.

Здатність до переносу досвіду. Уміння застосовувати навички, придбані при вирішенні однієї задачі, до рішення іншої, а також здатність до вироблення узагальнюючих стратегій і уміння бачити аналогії.

Винахідник телеграфу С. Морзе зустрівся з проблемою загасання сигналу при передачі на велику відстань. Збільшення енергії первинного сигналу не приводило до успіху. Подорожуючи на перекладних з Нью-Йорка в Балтімор, він спостерігав, як на поштових станціях змінюють коней. Так виникла ідея будівництва посилюючих підстанцій уздовж телеграфних ліній.

«Бічне мислення». Широкий розподіл уваги підвищує шанси на вирішення проблеми. «Щоб діяти – треба думати біля», – писав французький психолог Сур'є. У своїй роботі «Проблеми рішення задач у науці і техніці» А. Ф. Есаулов наводить приклад бічного мислення:

«Величезний камінь лежав на дорозі біля будинку і заважав проїзду. Багато хто хотів його забрати за допомогою коней, але вимагали за роботу великих грошей. Одні пропонували його підірвати, інші – розколотися і відвезти вроздріб. Але селянин, що опинився в місті, узявся забрати камінь за незначну плату й у дуже короткий термін. Вирішив задачу він надзвичайно просто: вирив біля самого каменю велику яму, без особливих зусиль вивіз землю і зштовхнув у яму камінь. Труднощі в рішенні проблеми видалення каменю з дороги полягали в тому, що усі, хто вирішував задачу, звертали увагу на камінь, а селянин – на дорогу, на якій цей камінь лежав.»

Для творчої особистості характерна здатність зміщати акцент уваги в незвичайному напрямку, а також гостра спостережливість, уміння помітити те, повз що сотні і тисячі людей проходять без уваги, здатність охоплювати зв'язки речей і робити відкриття за допомогою ледь вловимих аналогій.

Цілісність сприйняття. Це здатність сприймати дійсність цілком, не дроблячи її (на відміну від сприйняття дрібними, незалежними порціями). Поет Ю. Кузнецов написав сучасну казку про царівну жабу: молодий учений, не розглядавши красуну-царівну,

замість того, щоб любов'ю зняти закляття, починає її вивчати й анатомус.

В долгих муках она умирала,
В каждой жилке стучали века,
И улыбка познания играла
На счастливом лице дурака.

Цілісне сприйняття – одна з фундаментальних властивостей мозку (живе повинне однаково реагувати на подібні об'єкти незалежно від індивідуальних розходжень. Заєць повинен однаково розпізнавати усіх вовків, великих і маленьких, темних і сірих і т. ін.).

Зближення понять. Легкість асоціювання і віддаленість асоціюємих понять. Ця здатність виявляється, наприклад, у синтезі гострот. О. С. Пушкін відзначав, що саме в гостротах чітко виявляється «зближення понять»: «Дотепністю називаємо ми не жарти, настільки люб'язні нашим веселим критикам, а здатність зближати поняття і виводити з них нові і правильні висновки».

Готовність пам'яті. Коли людина вирішує проблему, вона може розраховувати лише на ту інформацію, що у даний момент сприймає і яку зуміє витягти з пам'яті. Перевагу при вирішенні задач одержує не той, у кого багатше ерудиція, а той, хто швидше витягне з пам'яті необхідну інформацію. Готовність пам'яті «видати» потрібну інформацію в потрібний момент – один з компонентів кмітливості. Інтуїтивні миттєві рішення задачі можливі тому, що є велика кількість асоціативних зв'язків, що забезпечують швидкий доступ до потрібної інформації.

Гнучкість мислення. Це здатність швидко і легко переходити від одного класу явищ до іншого, далекого за змістом. Відсутність її називається інертністю, ригідністю, окостеністю і навіть застійністю мислення. Гнучкість мислення виявляє себе й у здатності вчасно відмовитися від скомпрометованої гіпотези. Якщо занадто довго вбиратися, виходячи з привабливої, але помилкової ідеї, буде упущений час. А занадто раннє відмовлення від гіпотези може привести до того, що буде упущена можливість вирішення. Особливо важко відкинути гіпотезу, якщо вона своя.

Якщо людині розповісти зміст задачі і пояснити рішення, то труднощів у сприйнятті і розумінні її не виникає. Але якщо запропонувати їй вирішити її і якщо рішення неправильне, то подальші

роз'яснення ускладнюються: людина впирається у своїй омані, захищає свою помилку і стає глухою до логічних доводів. Вона знаходиться в полоні свого первісного невірною здогаду. Розум людини усвідомлено чи не усвідомлено при вирішенні задач окреслює для себе «пошукове поле», у межах якого шукає рішення. Здатність вийти за межі цього поля, переступити його невидимі границі – і є гнучкість мислення, гнучкість інтелекту.

Один із проявів гнучкості мислення – здатність до подолання функціональної фіксованості. Усі предмети, об'єкти, якими користується людина, виконують якусь функцію, для чогось певного призначені. Під функцією об'єкта розуміють його властивість чи дію в даній системі відносин. В іншій же системі відносин функція того ж самого об'єкта може бути зовсім іншою.

Здатність до оцінки. Уміння вибирати одну з багатьох альтернатив до її перевірки. Оцінюванні дії проводяться не тільки з завершенням роботи, але і багаторазово продовж її, і служать віхами на шляху творчості. Серед критеріїв оцінки, крім логічної несуперечності і відповідності раніше накопиченому досвіду, слід зазначити критерії простоти, естетичні і ергономічні критерії.

Здатність до «зчеплення» і «антизчеплення». Людині присуща здатність швидко погоджувати нові відомості з колишніми знаннями і досвідом, без чого сприймана інформація не перетворюється в знання, не стає частиною інтелекту. Здатність поєднувати знов сприймані відомості з тим, що було відоме раніше, групувати дані тим чи іншим способом вже в процесі сприйняття – умова і передумова здатності до генерування ідей. Здатність до зчеплення важлива і необхідна, але вона повинна бути урівноважена здатністю перебороти зчеплення, відірвати факт, що спостерігається, від звичних асоціацій. Тому, не менш цінна і здатність до «антизчеплення», що дозволяє позбутися впливу «попереднього знання», протистояти «забарвленню» сприйняття раніше накопиченими знаннями. Прагнення до «чистого» спостереження (бачити речі такими, які вони є), до «антизчеплення» – цінна якість інженера, однак цілком відокремити сприйняття від його тлумачення не вдається нікому.

Легкість генерування ідей. Однією з важливих складових творчої обдарованості особистості є легкість генерування ідей. Не обов'язково, щоб кожна ідея була правильною: чим більше ідей висуває

людина, тим більша імовірність, що серед них будуть гарні ідеї. Часто кращі ідеї приходять у голову не відразу.

Думка чи ідея – це не просто асоціативне з'єднання двох чи декількох понять. З'єднання понять повинне бути змістовно виправданим, повинне відбивати об'єктивні відносини явищ, що стоять за цими поняттями. Найбільш плідні ідеї включають у себе нові, ще не відкриті явища. Ідеї можна класифікувати за їхньою широтою (здатністю охопити і пояснити велику кількість різномірних фактів), глибиною і фундаментальністю.

Глибокою вважають таку ідею, що встановлює стосунки між об'єктами чи їх окремими властивостями, що не лежать на поверхні, не явними, а потребуючими для свого виявлення проникливості і поглиблення в сутність явищ. Подібні ідеї, як правило, виявляються і фундаментальними, тобто служать фундаментом для теорій, дослідження, для генерування інших ідей.

Здатність передбачення. Однією з найважливіших функцій мозку є його здатність передбачення розвитку подій. Прагнення заглянути в майбутнє – невід'ємна складова розумової діяльності людини (та й не тільки людини).

Мозок людини не тільки оцінює інформацію, що надходить із зовнішнього світу, зіставляючи її з колишніми досвідом і знаннями, але і прагне угадати, як же будуть розвиватися події далі, щоб заздалегідь виробити необхідну стратегію поведінки. Мозок працює не за принципом зворотного зв'язку; він, використовуючи минулий досвід і наявні знання, моделює думкою ланцюг подій, об'єднаних причинним зв'язком. Так пізно оборонятися від собаки, що Вас укусив, необхідно заздалегідь передбачити її поведінку, виходячи з її пози, агресивності, виразу очей і т. ін. Гумор часто зв'язаний саме зі здатністю мозку прогнозувати, передбачати. Чому смішні анекдоти? Мозок, сприймаючи зміст анекдоту, прогнозує подальший розвиток подій, але кінцівка анекдоту зовсім не та, котру ми очікували, з чим зіштовхувалися раніш – тому смішно. Ми глузуємо з клоунів, тому що ми-то знаємо, як треба робити, а вони ні. У свій час була популярна серія анекдотів про джентльмена, от деякі з них:

Чи повинен джентльмен допомогти дамі вийти з автобусу, якщо дама хоче в нього ввійти?

Чи повинен джентльмен витирати ноги перед входом у квартиру, якщо перед дверима лежить інший джентльмен?

Джерела комічного в тому, що, сприйнявши слово «джентльмен», мозок уже сформував образ людини з прекрасними манерами, вихованого, тактовного, а образ цей цілком не збігається.

Швидкість мови. Легкість формулювання необхідна, щоб висловити думку. Її можна виразити й іншим кодом: формулою, графіком, ескізом.

Конструктор мислить образами, а ці образи він «матеріалізує» за допомогою запису (у вигляді ескізів, креслень, графіків, схем і т. ін.). Підтвердженням цього є широко відомий факт «спілкування» конструкторів між собою за допомогою олівця. Як тільки конструктори починають вирішувати, обговорювати між собою технічні проблеми, так відразу ж беруться за олівці і папір і не стільки пояснюють, скільки малюють.

Схематичний, простенький ескіз говорить конструктору куди більше, ніж самі великі міркування. Жвавість мови іноді помилково приймають за легкість генерування ідей. Якщо ж мова не містить нових думок, то вона беззмістовна, порожня, незважаючи на її жвавість і бездоганну грамотність. Недарма перше правило красномовства в старому посібнику з риторики говорило: «Коли тобі нема чогось сказати – мовчи».

Здатність до доробки. Це не просто наполегливість, зібраність і вольовий настрій на завершення початого, а саме здатність до доробки деталей, первісного задуму. «Дріб'язки створюють досконалість, а досконалість – не дріб'язок», – писав Микеланджело. Академік А. Н. Крилов вважав, що у всякій практичній справі ідея складає від 2 до 5 %, а інші 98–95 % – це виконання.

Для того, щоб творчі здібності дозволили домогтися успіху, необхідні бажання, воля і, найголовніше, праця. Визначальною рисою творчої особистості є сміливість розуму і духу. Сміливість розуму необхідна, щоб засумніватися в загальновизнаному, щоб зруйнувати його заради створення кращого, думати так, як не думав ніхто, довіряти своїй інтуїції, коли немає ще точних логічних доказів. Потрібна сміливість уяви, щоб представити недосяжне, а потім спробувати досягти його, протиставити свою ідею думці більшості і, якщо це необхідно, вступити в конфлікт з нею.

2 ЗАКОНИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Традиційне та системне інженерне проектування

Реалізуючи у конструкторській документації свій задум, тобто створюючи виріб з потрібним набором властивостей, конструктор керується рядом принципів, які він застосовує або свідомо, або інтуїтивно.

Принцип незалежності – матеріальна реалізація проекту не змінює природу та її закони, оскільки у технічному об'єкті відтворюються явища та процеси, що не суперечать законам природи, і поява цього виробу не змінює загальну картину світу.

Принцип реалізуємості – за проектом у виробничих умовах можна виготовити виріб. Принцип базується на розділі праці між проектувальником та виготовником. Проектувальник розробляє проект настільки детально, щоб його можна було б реалізувати в умовах виробництва.

Принцип відповідності. Припускається, що кожному процесу функціонування відповідає певна структура, а функціям – певна конструкція. Принцип базується на минулому досвіді, наявності великої кількості зразків та прототипів.

Принцип завершеності. Хоча кожен проект може бути вдосконаленим, в цілому він задовольняє вимогам замовника.

Принцип конструктивної цілості. ТО створюється за існуючими технологіями, складається з елементів, які можуть бути виготовлені у існуючому виробництві.

Принцип оптимальності. Проектувальник прагне до оптимальних рішень.

Проектування, засноване на цих принципах, є традиційним, класичним проектуванням, що широко застосовується і в наш час. Однак його недоліком є те, що воно зовсім не враховує ті зміни у оточуючому середовищі, котрі викликає поява й використання нових технічних систем: пробки на шляхах, нещасні випадки на виробництві, загазованість міст – це не помилки природи та не «бич божий», а результат людського невміння передбачати ситуації, які виникають в результаті появи спроектованого виробу.

В наш час вплив людини на природу за допомогою техніки став настільки значним, що він може викликати незворотні зміни планетарного масштабу і привести до зміни рівноважних станів, що склалися у світі. Цей факт, а також ускладнення об'єктів проектування, збільшення швидкості темпів морального старіння техніки, зростання її складності привели до усвідомлення про необхідність переходу від традиційного проектування до системного.

У останні роки відбувається помітне психологічне зрушення у свідомості конструкторів, що займаються проектуванням нової техніки. Змінюється саме інженерне мислення, сам підхід до справи. Інженер починає свою діяльність не з проробки ТЗ, а з аналізу тих наслідків, які може викликати поява нового виробу, тобто він береться за свою роботу не з традиційного початку, а начебто з кінця.

Ціль сучасного проектування вже не обмежується розробкою креслень конструкції, яку схвалить замовник та зможуть реалізувати виробники. Ціль тепер полягає у орієнтації й організації проектування як процесу, котрий дає початок змінам у середовищі. Основні задачі переміщуються з області розробки конкретних виробів та об'єктів у середовище аналізу та передбачень тих змін у промисловості, виробництві, збуті і т. ін., які викликає випуск проектуємої продукції.

Для того, щоб чіткіше виявити специфіку сучасного системного проектування, розглянемо його особливості порівняно з традиційним інженерним проектуванням (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Особливості сучасного системного та традиційного інженерного проектування

Системне проектування	Традиційне інженерне проектування
1 Об'єкт проектування	
Система діяльності: складна «людино-машинна» система; оточуюче середовище як «зовнішній» елемент проектуємої системи; індивідуальні («унікальні») об'єкти проектування; об'єктом проектування стає й сама діяльність зі створення складної системи («проектування проектування»).	Інженерний (технічний) об'єкт – засіб діяльності: виріб, машина, пристрій і т. ін.; типові інженерні об'єкти – тиражування

Продовження табл. 2.1

2 Процес проектування	
Упровадження – діяльність не проектується, а організується, неможливо урахувати заздалегідь усі параметри й особливості функціонування складної системи; еволюційне системне проектування – проектування системи не припиняється після задачі її до експлуатації, окремі стадії реалізації проектів уточнюються на основі дослідження закономірностей функціонування вже створених підсистем; розвиток, удосконалення існуючої системи, поступове підведення до закладеного у проекті стану; проектування без прототипів – орієнтоване на реалізацію ідеалів, що формуються у методологічній сфері; безпосередній вихід на споживача – саме проектування стає джерелом формування проектної тематики, критерії системи формулює сам проектувальник.	Виготовлення – за проектом у існуючому виробництві можна виготовити відповідний йому виріб; одиничний цикл інженерної діяльності припиняється після здачі об'єкта даного типу у експлуатацію (починається проектування нового об'єкта); проектування за прототипами, що вже є у сфері інженерної діяльності або у природі; завдання на проектування видає замовник, він же визначає критерії готовності виробу.
3 Сфера застосування	
Уся сфера соціальної практики: виробництво, обслуговування, вживання, управління, навчання і т. ін	Тільки промислове виробництво.
4 Засоби проектування	
Використання знань, методів та уявлень усього комплексу сучасних наук (суспільних, природничих, технічних); діалогічність – порівняльний аналіз альтернативних програм, проектів – орієнтація не на якусь одну теорію, а на методологію, що забезпечує єдність і в той же час різноманітність розгляду; системні методи представлення та поняття (системна орієнтація).	Використання методів, що розроблені головним чином у відповідній технічній науці; монологічність (монотеоретичність) – переважна орієнтація на базову технічну теорію; природничо-наукові знання та представлення (орієнтація передусім на фізичну картину світу).

Системне проектування – це вже не проектування тільки інженерних об'єктів, а проектування усієї системи діяльності, включаючи процес проектування самого процесу проектування (без чого виявляється неможливою практична координація розробників окремих підсистем), а також процеси проектування цього об'єкта, його виробництва, функціонування та управління ним.

2.2 Еволюція техніки. Тенденції та закономірності в розвитку технічних систем

Техніка змінюється, розвивається, удосконалюється, і ми є безпосередніми свідками цього незворотнього процесу. Будь-яка зупинка, будь-яке гальмування цього процесу призводить до відставання, до створення неконкурентоспроможної техніки, техніки вчорашнього дня. Ігнорування концепції розвитку призводить до створення нежиттєздатних систем. Великий металург І. П. Бардін говорив, що найдорожчим процесом у техніці є топтання на місці. Гонка на шляху до прогресу вимагає великих ставок, і не брати участь у ній не можна.

У наш час найчастіше доводиться бігти з усіх зусиль для того, щоб залишитися на місці і не відстати. Виникають законні питання: як відбувається розвиток техніки?, що є рушійною силою в цій гонці?, розвиток техніки – процес випадковий, непередбачуваний, чи мають місце якісь закономірності? Питання далеко не зайві. Якщо розвиток техніки здійснюється хаотично, непередбачувано, то творці нової техніки повинні дотримуватися однієї стратегії, якщо ж існують, проглядаються якісь тенденції, закономірності, то їх необхідно враховувати, брати до уваги, і стратегія при розробці повинна бути іншою.

Аналіз патентної інформації, історії виникнення і розвитку різноманітних систем дозволяють зробити висновок про те, що, незважаючи на всю хаотичність процесів змін у техніці, у них разом з тим проглядаються тенденції і закономірності.

Ілюстрацією до цього можуть служити спогади академіка АН СРСР А. М. Люльки про створення двигуна для реактивного літака: «Згодом, коли стало можливим порівнювати наші роботи з роботами закордонних конструкторів, з'ясувалося, що вони йшли тією же дорогою. Німецький двигун «Юмо» до подиву схожий на наш.

Турбіна в нас була одноступінчата – і в німців одноступінчата. У нас вісім ступінів стиску – і в них вісім. Компресор ми взяли осьовий – і вони осьовий. По суті, і англійці застосували ту ж схему. А взагалі, як це завжди буває з великими відкриттями, учені різних країн не тільки йшли одним шляхом, але і досягли мети в той самий час».

Не даремно машини, побудовані одночасно в різних країнах, схожі, у загальному випадку, одна на одну. Багато видів техніки, особливо це характерно для військової техніки, розроблялися в строгому секреті в закритих НДІ і КБ, але коли ця техніка «виходила у світ», то виявлялося, що найчастіше інженерно-технічні рішення були різуче схожими, а часом і ідентичними.

Усе це дозволило деяким авторам (ученим, конструкторам, винахідникам, філософам і т. ін.) стверджувати про існування законів розвитку техніки. Говорити про наявність таких законів можна з певною натяжкою, тому що закон є закон, і він повинен виконуватися завжди, наприклад, закон збереження енергії, другий закон термодинаміки і т. ін. Виявлені закони розвитку техніки справедливі для техніки як такої, але в окремих розробках вони можуть і не виявлятися чи виявлятися частково, тому коректніше було б говорити не про закони, а про закономірності, тенденції в розвитку техніки.

Варто також узяти до уваги і той факт, що техніка рукотворна, створена людиною, й у відриві від її доцільної, творчої діяльності вона не може народитися і не може розвиватися. Якщо закинути техніку на Місяць і залишити її там, то ні про який розвиток мови бути не може. Техніка розвивається не сама по собі, а в системі

«ЛЮДИНА – ТЕХНІКА – БІОСФЕРА».

2.3 Людино-машинні системи. Взаємодія техніки та людини

Геніальною знахідкою людини з'явилося те, що вона на певному етапі свого еволюційного розвитку «додумалася» поставити між собою і природою придуману, створену нею техніку, що підсилила її міць, збільшила продуктивність праці, дозволила легше пристосовуватися до природи. Техніка, що розташована між людиною і природою, є своєрідним амортизатором впливу природи на людину, засобом її захисту від пагубної дії цих впливів.

Техніка є сполучною ланкою між людиною і природою. Розвиток техніки обумовлений проміжним її положенням, її взаємовідносинами, з одного боку, з людиною («людина – техніка»), з іншого боку – із природою («техніка – природа»).

В основі історичного розвитку системи «людина – техніка» лежать три принципи: цільової єдності; доповнення чи компенсації; функції моделювання.

Принцип цільової єдності. Техніка виконує ті функції, що колись виконували природні органи праці людини. Техніка в міру розвитку послідовно замінює людину у виконанні функцій технологічного процесу. Вся історія техніки є історія послідовного опредмечування технологічних функцій людини, що складає основний принцип «саморуху» техніки, закон усього її розвитку.

Принцип доповнення або компенсації. Технічний засіб повинен бути сконструйований таким чином, щоб складати з людиною єдину систему, і в той же час так, щоб бути «адекватним» тому матеріалу природи, на який належить впливати. Але не тільки техніка доповнює і компенсує недосконалість людських органів праці, але і сама людина в технічній системі доповнює техніку своїми руками, енергією, нервовою системою, мозком.

Через нерозвиненість техніки людина змушена тривалий час виконувати технічні функції.

Принцип доповнення припускає, що в антропогенних (машино-людина-машинних) системах існують не тільки єдність, але і протиріччя, засновані на тому, що це неоднорідні системи. Вони як кентавр утворюються з двох компонентів – біологічного і технічного (рис. 2.1).

З розвитком антропогенних систем відбувається зменшення внеску біологічного і відповідне зростання технічного компонента. Це справедливо для всієї техніки як у її історичному розвитку, так і стосовно до конкретних її видів.

Усю сукупність функцій, яку передає людина техніці, можна розділити на два класи:

– клас механічних функцій (безпосередня обробка матеріалів природи природними органами людини; керування знаряддями праці; функція джерела рухової енергії; машинні функції, наприклад, закріплення виробу, зняття виробу, транспортування, вмикання – вимикання і т. ін.);

– клас розумових функцій (переважно функцій керування): постановка цілей; технологічний контроль; спостереження, програмування; лічильно-логічні функції; оптимізація, пошук несправностей; інженерно-конструкторські функції і т. ін..

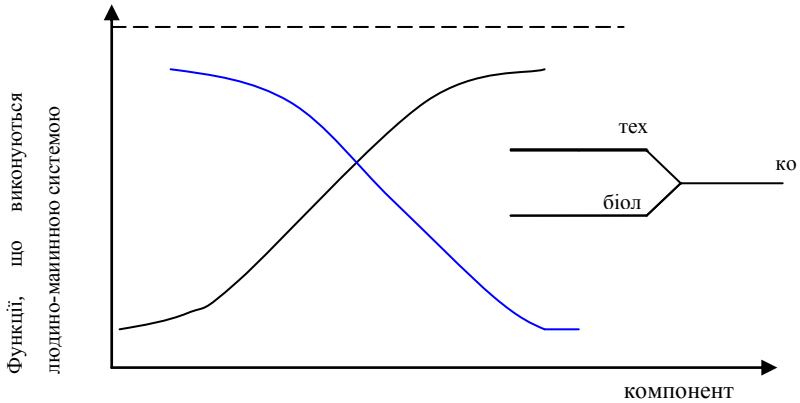


Рисунок 2.1 – Співвідношення біологічного і технічного компонентів у процесі розвитку антропогенних систем

Принцип функціонального моделювання, що базується на принципах цільової єдності і доповнення. Цей принцип справедливий як для існуючої техніки, так і для техніки майбутнього при моделюванні як фізичних, так і розумових функцій людини при трудовому процесі. При цьому техніка моделює людину не структурно, а функціонально. Коли виникла необхідність у збільшенні швидкості переміщення, то людина придумала колесо, крило, ракету, а не стала придумувати собі ще пари ніг.

Свої основні функції техніка виконує, будучи засобом трудової діяльності людей у матеріальному і духовному виробництві, і служить елементом різноманітних зв'язків: «техніка – природа», «техніка – предмет праці», «техніка – людина», «техніка – наука», «техніка – соціальні відносини». Різноманіття і різнобічність зв'язків техніки з навколишнім світом породжують цілий ряд протиріч, виявлення й усунення яких і є основною рушійною силою розвитку й удосконалювання техніки.

2.4 Етапи розвитку технічних систем

У XIX столітті були встановлені деякі загальні закономірності розвитку біологічних систем: рост чисельності колоній бактерій; популяції комах; маси плоду, що розвивається, і т. ін. у залежності від часу. Ці закономірності добре описуються S-образною (логістичною) кривою. Ця крива будується в системі координат, де по вертикалі відкладається головний показник системи чи головна експлуатаційна характеристика системи (наприклад, обсяг операційної пам'яті для ЕОМ, швидкість літака, потужність електрогенератора і т. ін.). У різних технічних систем ця крива має свої індивідуальні особливості, але завжди на ній можна виділити характерні ділянки (рис. 2.2, 2.3).

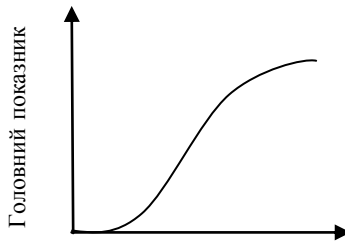


Рисунок 2.2 – Класична S-образна крива

Характеристика ділянок кривої А

ділянка 1 – зародження і повільний розвиток технічних систем;

ділянка 2 – масове застосування технічних систем;

ділянка 3 – уповільнення росту, ділянка «насичення»;

ділянка 4 – система деградує, замінюється новою системою Б чи еволюціонує, не змінюючи принципово своїх параметрів (наприклад, велосипед).

Ці ділянки відбивають закономірності в розвитку технічної системи на кожному етапі її життєвого циклу.

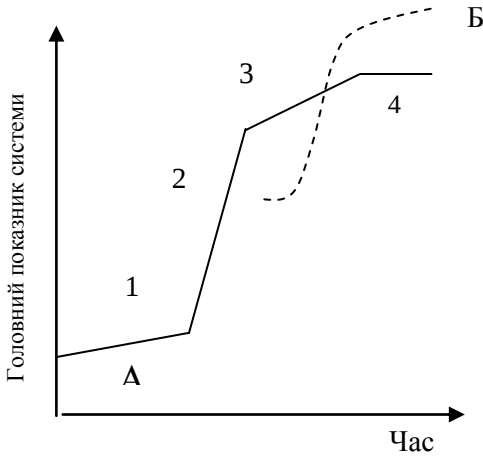


Рисунок 2.3 – Апроксимація S-образної кривої

Перший етап (ділянка 1) – етап «народження» і «дитинства» технічної системи. Нова технічна система з'являється на певному рівні розвитку науки і техніки за умови, якщо є потреба в системі і є можливості її реалізації. Ці умови не завжди збігаються за часом. Так усвідомлена потреба може стимулювати зусилля вчених і інженерів на створення нової системи, чи вже створена система відкриває нові можливості свого використання. На цьому етапі відбувається пошук складу технічної системи, що забезпечує її працездатність. Будь-яка технічна система – єдине ціле окремих частин (зібраних за допомогою синтезу), але не всяке об'єднання дає життєздатну технічну систему. Необхідною умовою принципової життєздатності системи є мінімальна працездатність основних частин системи. Нова система звичайно дуже примітивна, має масу недоліків, тому йде пошук її удосконалення.

Поява нової системи часто зустрічає недовіру й активний опір її впровадженню, особливо, коли нова система не піонерна (піонерні системи принципово нові і не мають аналогів), а йде на зміну старій. Причиною опору може бути, з одного боку, психологічна інерція – усе нове незвичне, невідоме і тому викликає побоювання, а іноді і страх, з іншого боку – свідомий опір фахівців, що розробили і випускають

стару систему. Розвитку нової системи найчастіше протидіють величезні технічні труднощі, багато з яких навіть і не передбачалися на початковому етапі, тому що «жива» система значно складніше і багатше будь-якого проекту, будь-якого задуму.

Другий етап. Період інтенсивного розвитку технічної системи. Після знаходження складу технічної системи її розвиток йде в напрямку пошуку структури, що забезпечує виконання заданої функції і погоджену між собою роботу окремих частин системи. На цьому етапі проводиться великий обсяг робіт з уніфікації, узгодження форм, розмірів, технологічних процесів, ритму роботи окремих частин і т. ін.

Характерною рисою даного етапу є поява безлічі модифікацій і різновидів, пристосованих для різних умов і цілей, а також витиснення з екологічних ніш застарілих систем. Інтенсивно проходить процес узгодження технічної системи зі своїм оточенням. Дуже часто система, що розвивається, викликає необхідність у зміні навколишнього середовища, зміні інших систем, що взаємодіють з даною системою за типом зворотнього позитивного зв'язку. Так створення танків з підвищеним захистом броні викликало необхідність проведення термінових робіт зі створення нових, удосконаленіших бронебійних снарядів, поява таких снарядів стимулювала пошуки шляхів удосконалення броні і т. ін. Стрімке зростання автотранспорту привело до корінних змін у проектуванні автодоріг, побудови численних розв'язок, підземних переходів, автостоянок, створення розширеної мережі бензозаправних станцій, авторемонтних майстерень і т. ін. На цьому етапі відбувається не тільки процес інтенсивного узгодження системи зі своїм оточенням, але й процес узгодження окремих частин системи між собою. У цей період частини системи пристосовуються одна до одної. Усе це призводить до виникнення безлічі технічних протиріч, що створюють рясний потік творчих задач, вирішення яких і обумовлює стрімкий розвиток системи.

Третій етап. Досягши апогею у своєму розвитку, технічна система вступає в етап своєї «зрілості». Кількісне зростання головного показника системи ще спостерігається, але кожен крок у цьому напрямку вимагає усе більших і більших витрат сил і засобів. Принцип, покладений в основу створення системи даного типу, починає себе вичерпувати, і подальший розвиток цієї системи стає економічно недоцільним.

Як тільки починається уповільнення росту технічної системи, варто подбати про те, яким чином перейти до нової системи, побудованої на більш прогресивному принципі.

Звичайно до цього часу така система вже створена і знаходиться на етапі свого народження, але протидія росту нової системи з боку старої зростає, процес відмирання старої системи досить болючий і тривалий. Стара система вступає в етап стабілізації.

Четвертий етап – етап стабілізації.

На цьому етапі зростання головного параметру різко сповільнюється, або зовсім не спостерігається, чи то через настання фізичної межі подальшого росту головного показника системи (наприклад, немає конструктивних матеріалів, здатних витримати дане навантаження), чи то через неприпустимі шкідливі впливи на навколишнє середовище. Досягаючи етапу стабілізації, система має величезну інерцію. За цією системою стоять сучасне виробництво зі своїм устаткуванням і відпрацьованою технологією, наукові школи, звання, посади, оклади. Удосконалюванням старої системи займаються сотні тисяч людей, що зовсім не в захваті від перспективи серйозної перекваліфікації. Віце-президент «Дженерал моторс» писав, що якщо хоча б невелика частина засобів, що сьогодні витрачаються на удосконалювання двигуна внутрішнього згорання, була спрямована на розвиток акумуляторів, то ми давно мали б економічний електромобіль. Типовим явищем на цьому етапі є «гігантизм» – значне збільшення розмірів технічних систем (величезні дирижаблі перед витисненням їх літаком; паровози останніх серій; сучасні поїзди і т. ін.).

Разом з тим до четвертого етапу свого розвитку технічна система досягає максимальної гармонії між своїми елементами, щонайкраще виконує свої функції, ближче усього підходить до свого ідеалу. Але коли всього цього вона досягає й у ній майже усунуті усі протиріччя, а нові протиріччя не виникають, і немає джерела досконалості і розвитку – система «умирає», або продовжує свій розвиток, але вже як складова частина більш складної системи.

Прикладом цьому може служити радіолампа, що була невід'ємною частиною всієї радіоелектронної апаратури протягом багатьох десятиліть. Радіолампи були найгрозміздішими і найненадійнішими елементами радіоапаратури, вони витримували порівняно невеликі механічні навантаження, мали низький ККД

(майже половина всієї споживаної ними енергії йшла даремно на нагрівання нитки розжарювання). Коли ж на зміну радіолампам прийшли напівпровідникові прилади – діоди і транзистори, радіолампи досягли піку своєї досконалості. Була значно підвищена їхня надійність, робоча частота, зменшені габарити і маса (створені надмініатюрні лампи «жолудь», «дріб»), сконструйовані стрижневі лампи, що витримують механічні перевантаження до 40g. Досягши своєї досконалості, позбувшись більшості своїх недоліків, радіолампи поступилися місцем новій елементній базі – напівпровідниковим приладам, далеким від досконалості, яким були притамані багато недоліків, але які мали у своєму розпорядженні великі можливості для свого удосконалення і подальшого розвитку.

Досягши вершини свого розвитку, технічна система або зберігає (консервує) досягнутий рівень головного параметру (наприклад, швидкість пересування на велосипеді залишається практично незмінною багато років), або стає елементом більш складної системи (надсистеми). При цьому, ставши елементом надсистеми, вона повинна знайти своє місце в ній, погодити свої параметри з параметрами інших елементів надсистеми.

Наприклад, такі системи, як напівпровідникові прилади (діоди, транзистори), конденсатори, резистори тривалий час розвивалися як самостійні системи. Досягши межі у своєму розвитку як самостійні системи, вони ввійшли елементами в надсистему – інтегральну схему, у якій стали розвиватися вже як елементи надсистеми.

Часто повного вимирання системи, що витисняється більш прогресивною, не відбувається. Іноді система залишається й ефективно працює в деяких відособлених, дуже спеціалізованих екологічних нішах. Так «нащадки» повітряних куль – метеорологічні зонди – використовуються і сьогодні, а моторолери, уступивши своє місце мотоциклам, знайшли застосування при доставці і перевезенні дрібних вантажів.

2.5 Чи існують об’єктивні закони розвитку техніки?

В даний час проблема виявлення закономірностей у розвитку технічних систем привертає увагу багатьох дослідників, і в першу чергу людей, зв’язаних зі створенням нових технічних систем, а також філософів, тому що категорія «розвитку» складає фундамент діалектичного підходу при вивченні систем різної природи.

Розглянемо думки філософів.

Думка В. І. Білозерцева.

Діючі в навколишньому об'єктивному світі, закони і закономірності природи підрозділяються на два види:

- у недоторканій людиною природі діють природні, первинні закони і закономірності природи, сутності, властивості, сили, процеси;
- у штучно перетвореному людиною природному середовищі, у технічних пристроях, технологічних процесах діють закони і закономірності технічні, котрі за своєю суттю є комбінаційними, а за своїм походженням вторинними законами і закономірностями. Незвичайні для природи різні сполучення і комбінації первинних законів, процесів і сил породжують нові, комбінаційні за характером технічні закони і закономірності. Саме тому технічних законів і закономірностей у принципі не може бути в недоторканій людиною природі.

Таким чином, комбінаційні зв'язки в технічних об'єктах мають всі ознаки закономірності: об'єктивність, сутність, повторюваність, стійкість і внутрішню необхідність.

Думка В. В. Самарина.

З питання існування об'єктивних технічних закономірностей серед філософів існують різні точки зору: від фактичного ототожнення їх із законами природи, що діють у техніці, відкидаючи не тільки власні технічні закономірності, але й соціальні закономірності технічного прогресу, до повного їхнього визнання.

Моя думка ґрунтується на розумінні своєрідності технічних закономірностей. Людина в техніці, переслідуючи свої цілі, з одного боку, підлегла природі, а з іншого боку – створює щось відмінне від природи.

Закономірності побудови (чи структури) техніки дійсно існують.

Серед власне технічних законів існування і розвитку наявної техніки є закони, відмінні від природних, і є закони, що являють собою змінені закони природи.

Техніка і природа у певний мірі пов'язані причино-наслідковим взаємозв'язком. Розвиток техніки веде до зміни в природі, а ці зміни, у свою чергу, спонукають суспільство до здійснення відповідних змін у техніці.

Думки представників техніки.

Позиція О. І. Половінкіна – доктора технічних наук, професора, автора ряду робіт з теорії розвитку і функціонування технічних об'єктів.

Вищий рівень інженерної творчості полягає у виділенні і формулюванні законів і закономірностей побудови і розвитку техніки і свідомому їхньому використанні при пошуку конструктивно-технологічних рішень.

Закони техніки повинні пояснювати багато явищ і процесів, що відносяться до техніки в цілому і до окремих технічних об'єктів, однак головна їхня функція – бути корисними при вирішенні задач аналізу існуючих технічних об'єктів а також прогнозування і розвиток певного технічного об'єкта.

Закони техніки являють собою ядро нової науки – технoзнання, що буде мати в інженерній освіті таке ж значення, яке має курс біології в підготовці лікарів, агрономів, зоотехніків і т. ін.

Половінкіним було сформульовано ряд принципів, що лежать в основі законів розвитку технічних систем.

Принцип надмірності технічних рішень. Принцип полягає у тому, що в будь-який момент часу для реалізації будь-якої функції кількість створених технічних рішень на рівні пропозицій, патентів, креслень, моделей, дослідних зразків завжди більше серійно реалізованих.

Принцип відповідності між функціями і технічними рішеннями. Кожна функція з безлічі наявних і можливих технічних рішень виділяє певну підмножину технічних рішень, що реалізують ці функції.

Принцип відносного існування функцій і технічних рішень полягає в тому, що функція має набагато більшу довговічність у порівнянні з технічним рішенням, що виконує цю функцію.

Принцип конструктивної еволюції. Будь який технічний об'єкт при ретроспективному розгляді його розвитку є ланкою ланцюга конструктивних змін, у якому винаходу першого (початкового) технічного рішення обов'язково передувала поява (винахід) нової функції. Чим важливіша функція для суспільства, тим більше засобів витрачається на удосконалювання технічних об'єктів для виконання цієї функції, і тим вище темпи конструктивної еволюції.

Принцип інерції в сфері виробництва. Принцип виявляється у такому. Виробництво технічних засобів, що випускаються серійно, збільшується від нуля зростаючою кривою спочатку з відставанням від попиту, потім досягає максимуму (надвиробництва), після чого відбувається зниження виробництва до стабілізованого рівня чи до нуля у випадку появи кращого технічного рішення для виконання цієї ж функції.

Спостерігається постійне підвищення ступеня механізації й автоматизації технічних засобів, тобто має місце послідовна поява технічних об'єктів, що знижують долю участі людини у виконанні функцій.

У технічних об'єктах з однаковою функцією перехід від покоління до покоління обумовлен усуненням на даний момент головного дефекту (пов'язаного, як правило, з поліпшенням одного чи декількох критеріїв прогресивного розвитку) і відбувається при наявності необхідного науково-технічного потенціалу і соціально-економічної доцільності.

Розглянуті вище думки філософів і представника техніки щодо законів (закономірностей) розвитку техніки здебільшого носять загальний характер і застосовуються «узагалі» до технічних систем як таких, і не завжди ясно, як на основі відкритих закономірностей буде розвиватися надалі конкретна технічна система. Більш діючий характер мають закономірності, підмічені Є. П. Балашовим.

Позиція Є. П. Балашова.

У монографії «Еволюційний синтез систем» сформульовані закономірності функціонально-структурної організації технічних (антропогенних) систем.

Кожне нове покоління системи даного класу відтворює сукупність основних функцій попередніх систем. Тому важливо вивчення прототипів.

Основним джерелом розвитку антропогенних систем є боротьба діалектичних протилежностей – «багатофункціональності» і «спеціалізації».

Протиріччя, що виникають у системах у процесі розвитку, вирішуються тимчасово на певних етапах розвитку систем конкретного класу і виявляються надалі в трансформованому виді на новому якісному рівні (Закон відносного і тимчасового вирішування протиріч в антропогенних системах).

Конструктор при створенні конкретного зразка системи приходиться до певного компромісу у виборі кількісних значень показників якості окремих підсистем, намагаючись зрівноважити суперечливі сторони.

У реальних системах процеси перетворення, збереження й обміну (речовиною, енергією й інформацією) взаємозалежні.

У правильно сформованих системах усі процеси йдуть у єдиному ритмі. Умова ритміки повинна дотримуватися не тільки усередині системи, але й при її взаємодії із середовищем.

Аналіз еволюції систем показує, що під час розвитку систем, ускладнення і розширення реалізованих ними функцій, найбільш ефективними і життєздатними є системи, у яких розширення функціональних можливостей випереджає зростання їхньої складності.

Максимальна відповідність структури реалізованим функціям забезпечує максимальну ефективність системи.

2.6 Закони розвитку технічних систем за Г.С. Альтшуллером

Сугубо практичний характер мають «закони», сформульовані Г. С. Альтшуллером на основі аналізу величезного масиву патентної інформації. Знайдена ним закономірність виходить зі світового досвіду удосконалювання і раціоналізації технічних систем різних галузей техніки.

Ним, його послідовниками й учнями були проаналізовані більш 40000 значних винаходів, і на основі аналізу цієї інформації виявлені сорок прийомів усунення технічних протиріч, а в подальшому сформульовані й обґрунтовані закони розвитку технічних систем. Перш ніж приступити до розгляду цих законів, варто розібратися в тому, з яких передумов виходили автори цих законів, і яке бачення цієї проблеми самим Г. С. Альтшуллером. Отже думка Г. С. Альтшуллера.

Патентний фонд нашої країни, з яким я працював багато років, містить мільйони винаходів та підтверджує існування технічних законів. Життєздатними є тільки такі винаходи, що змінюють вихідну систему (прототип) у напрямку, що відповідає законам розвитку технічних систем.

Закони розвитку технічних систем є підсистемою найзагальнішої системи законів діалектики. Тому вони не повинні суперечити останній.

Сучасна теорія вирішення винахідницьких задач (ТВВЗ) містить три групи законів, сформульованих Г. С. Альтшуллером.

Перша група визначає умови, при яких з окремих частин виникає життєздатна технічна система.

Необхідними умовами принципової життєздатності технічної системи є:

- наявність і мінімальна працездатність основних частин системи (двигуна, трансмісії, робочого органа і засобів керування);
- наскрізний прохід енергії усіма частинами системи;
- узгодження ритміки частин системи.

Друга група законів констатує, що розвиток технічних систем йде:

- у напрямку збільшення ступеня ідеальності;
- нерівномірно: одні частини системи випереджають у розвитку інші її частини, внаслідок чого виникають технічні протиріччя;

– з переходом у надсистему: вичерпавши можливості розвитку, система включається в надсистему як одна з її частин; при цьому подальший розвиток йде на рівні надсистеми.

Третя група законів відображає тенденції розвитку сучасних технічних систем.

Розвиток технічних систем йде в напрямку:

- збільшення ступеня вепольності;
- переходу з макрорівня на мікрорівень.

Остання група законів має потребу в коментарі.

ТВВЗ містить у собі розділ про вепольні перетворення. Під веполем розуміють мінімальну технічну систему, що складається з двох взаємодіючих речовин і поля; (причина, джерело цієї взаємодії і є полем).

Усі знання, добуті наукою, людина рано чи пізно втілює в техніку. Недарма кажуть, що техніка – це матеріалізована наука, а наука – це потенційна техніка. Людство до недавнього часу мало можливість вивчати тільки ті елементи природи, що безпосередньо сприймало за допомогою своїх органів почуттів. Вся інша природа, що лежить за межами безпосереднього почуттєвого сприйняття, була для нього закрита. З розширенням сфери пізнання світу, що лежить

поза межами людського сприйняття, воно накопичувало усе більше і більше знань про мікро- і мегасвіт, а це у свою чергу привело до появи нових технічних систем, у яких знайшли відображення ці нові знання про світ. Прикладом цього можуть служити, з одного боку, такі надвеликі і надскладні системи, як всесвітня мережа спостереження за погодою, інтернет і т. ін., а з іншого боку – нові технології і нові технічні пристрої, у яких людина змусила працювати плазму, дифузію, адсорбцію, молекули, атоми, іони, електрони і т. ін.

З МЕТОДИ ЗНАХОДЖЕННЯ НОВИХ РІШЕНЬ

3.1 Метод проб і помилок

Створюючи нову техніку, людина на кожному етапі її розвитку зіштовхувалася з новими для неї проблемами і задачами. Ці задачі вона намагалася вирішувати шляхом перебору багатьох варіантів їх вирішення. Такий метод вирішення одержав назву методу проб і помилок (ПіП).

Суть методу складається у висуванні і розгляді можливих варіантів рішень; якщо ідея виявляється невдалою, її відкидають, а потім висувають нову. При цьому не існує ніяких правил генерування й оцінки нових ідей. Придатність чи непридатність тієї чи іншої ідеї оцінюється суб'єктивно, тому що відсутні об'єктивні критерії вибору найкращої ідеї.

Метод ПіП цілком придатний для вирішення простих задач, що вимагають для свого вирішення декількох десятків проб. Коли ж рішення сховане серед сотень усіляких невипробуваних варіантів, то пошук прийнятного рішення може розтягтися на багато років, до того ж немає ніякої гарантії, що при такому переборі варіантів сильного рішення взагалі не помітять, чи обраний варіант далеко не самий удалий.

Наприкінці XIX ст. метод ПіП удосконалив Едісон. Він запропонував складну технічну проблему поділяти на кілька задач і за кожною задачею одночасно вести перевірку багатьох варіантів. Звідси, чим складніша задача, тим більше проб потрібно зробити, тим більше людей необхідно залучити до її вирішення.

Незважаючи на те, що багато найкращих винаходів були створені цим методом, сам процес пошуку рішення дуже далекий від досконалості.

Чим же поганий метод ПіП?

Насамперед своєю малою продуктивністю, низьким коефіцієнтом корисної дії, тому що на творчий процес незримий і сильний вплив роблять і психологічна інерція нашого мислення, і побоювання критики, і прагнення уникнути невдачі і ризику, і шаблонність мислення, і всі ті причини, що сковують наше мислення,

гальмують творчість. Механізм дії цих причин був проаналізований нами раніше.

Метод ПіП марнотратний і неефективний за своєю природою. Це пов'язане не тільки з тим, що він вимагає великої кількості проб при вирішенні складних задач, але і з більшою часткою суб'єктивізму при виборі кращого варіанта мислення, що і є джерелом багатьох ПП, пов'язаних з великими матеріальними втратами, а часом і з людськими жертвами.

В другій половині XIX століття виникла ідея створення броненосця з могутнім вітрильним оснащенням додатково до парової машини, і хоча було багато заперечень і побоювань, усе-таки лорди британського Адміралтейства затвердили будівництво. Невеликий шквал під час спробного плавання перекинув хитливе судно. З 556 чоловік врятувалося 17. У пам'ять про загиблих в стіну собору святого Павла в Лондоні була вбудована бронзова дошка з вироком суду «неосвіченій упертості лордів».

Метод ПіП не передбачає обліку невдач навіть усередині однієї галузі: люди багаторазово проходять через ті самі невдачі, не роблячи при цьому ніяких висновків. До істотних недоліків цього методу можна віднести і те, що він не дає можливості вчасно побачити нові задачі і знайти ефективні рішення складних задач і проблем. Тут втрати можуть вимірятися десятиліттями чи навіть сторіччями. Так суди на підводних крилах могли бути створені років на 30–40 раніш. Була потреба і були теоретичні і практичні можливості створення таких судів. Задачу просто не побачили, до спроб її вирішення пройшла половина століття.

Важко оцінити втрати від застосування методу ПіП, він давно вичерпав свої можливості. Раніш недосконалість методу компенсували збільшенням кількості людей, зайнятих вирішуванням задачі. Тепер близька до вичерпання і ця можливість. Справа полягає у тому: чи миритися з уповільненням темпів розвитку техніки, чи намагатися знайти більш раціональні технології удосконалювання техніки.

3.2 Мозковий штурм

Мозковий штурм – найвідоміший метод психологічної активізації, широко застосовуваний в усьому світі. Цей метод дозволяє у відносно короткий термін (30–50 хвилин) при роботі невеликої групи експертів (6–10 чоловік) одержати велику кількість ідей з вирішення поставленої задачі. Метод був розроблений американським підприємцем і винахідником Алексом Осборном у 1953 р. Щоб усунути перешкоди, викликані побоюванням критики, А. Осборн запропонував розділити в часі процес генерування ідей і їхньої критичної оцінки, і проводити обидва процеси різними людьми.

Основні правила мозкового штурму.

1) Задачу послідовно вирішують дві групи людей з 6–16 чоловік у кожній. Одна група висуває тільки різні ідеї – це група генераторів. Інша група по закінченні «штурму» виносить судження про цінність висунутих ідей – це група «експертів».

2) Варто висувати будь-які ідеї, у тому числі фантастичні, явно помилкові і жартівливі. Чим не реальніші ідеї, тим сильніше позначається їхня дія на процес генерації ідей. Ідеї повинні надходити безупинно, доповнюючи і взаємно збагачуючи одна одну. Регламент – на кожну ідею – не більш двох хвилин. Ідеї висловлюються без доказів, записуються чи фіксуються за допомогою магнітофона.

3) При генерації ідей заборонена усяка критика (не тільки словесна, але і мовчазна – у вигляді скептичних посмішок). У ході роботи між учасниками повинні бути установлені вільні і доброзичливі відносини. Бажано, щоб ідея, висунута одним учасником, підхоплювалася і розвивалася іншими, тому що більшість конструктивних ідей виникає подібно електричній іскрі при контакті з думками інших людей. Заохочуються кожні ідеї, навіть жартівні чи безглузді. Головна теза цього етапу: «Не всі ідеї ще знайдені!» Небажано включати в одну групу людей, присутність яких може якоюсь мірою зв'язувати інших. Наприклад, включати в одну групу керівників фірм і їхніх підлеглих.

4) Експертиза і відбір ідей повинні проводитися дуже уважно після закінчення процесу генерування. При оцінці ідей варто ретельно продумувати всі ідеї, навіть ті, котрі вважаються несерйозними,

нереальними чи абсурдними. У групу аналітиків-експертів повинні входити особи, що володіють знаннями з досліджуваного питання, здатні оцінити ідеї, висунуті на етапі генерації. На етапі аналізу основним правилом є виявлення раціональної ідеї в кожній з висунутих на етапі генерації ідей. Основна теза етапу: «Не всі можливості, закладені в ідеї, виявлені!»

5) Процесом вирішення задачі керує керівник «штурму», що забезпечує дотримання всіх умов і правил.

Як приклад розглянемо навчальну задачу «захист транспортного судна від торпед».

Велике транспортне судно пливе по морю, спливає ворожий підводний човен і атакує судно торпедою. Необхідно запобігти зіткненню торпеди із судном.

Учасники штурму в процесі роботи висунули безліч ідей: розстріляти торпеду; між торпедою і судном поставити перешкоду (типу щита); дати задній хід; збільшити швидкість руху (проскочити); пірнути, підстрибнути і т. ін. була і така ідея: «Свистати усіх нагору, усю команду вишикувати уздовж борта, і нехай усі вони дують на цю торпеду». Ідею ніяк не можна назвати серйозною, але група експертів, керуючись правилом, що в кожній ідеї, якою б «дикою» вона ні була, потрібно знайти раціональне зерно, міркувала приблизно так: «Повітряним потоком навряд чи вдасться здутти торпеду з курсу, але якщо дути чимось більш істотним, більш щільним, то ідея може бути і корисною. Чим же «щільним» у морі можна дути, чого в морі багато? – звичайно води. До того ж на будь-якому судні завжди є засоби для гасіння пожеж і для відкачки води у випадку пробойн корпусу. Отже на будь-якому морському судні є могутні насоси і гідранти, і якщо направити могутні струмені води назустріч торпеді, то вдасться «здути» її з курсу».

Багато років з мозковим штурмом пов'язувались великі надії, метод здавався дуже сильним. Поступово з'ясувалося, що мозковий штурм добре справляється з різного роду організаційними задачами, наприклад, знайти нове застосування продукції, що випускається, знайти нову форму реклами і т. ін., однак багато технічних задач йому не під силу. Цей метод також дуже гарний для розвитку творчої уяви, зняття психологічних бар'єрів.

В даний час існує десятка півтора різновидів мозкового штурму: індивідуальний, парний, «нарада піратів», конференція ідей, зворотний мозковий штурм і т. ін.

3.3 Синектика

Мозковий штурм при правильній організації його проведення дозволяє одержати кількість ідей в одиницю часу на порядок більше, ніж при роботі методу ПіП. Безумовною перевагою цього методу є його простота. Єдине, що рекомендується учасникам штурму – це пам'ятати про психологічну інерцію мислення і по можливості бути активними, фантазувати, руйнувати психологічні бар'єри. Але як? «Ті, що штурмують» не завжди вміють це робити. Крім того, сама задача «штурмується» без якої-небудь системи, стихійно. Уся сила мозкового штурму – у забороні на критику. Але тут же і його слабкість: для розвитку і видозміни ідеї потрібно з'ясувати її недоліки, тобто потрібна і критика. Ці недоліки мозкового штурму спробував усунути американський винахідник і дослідник У. Гордон, запропонувавши свій метод активізації творчого мислення, що одержав назву синектика. Слово «синектика» у перекладі з грецької означає «сполучення різних елементів».

Суть цього методу полягає в тому, що для вирішення творчих задач формується група з 5–7 чоловік, навчених винахідницьким прийомам. Склад групи постійний, хоча його можна надалі удосконалювати, уводячи нових учасників. Члени цієї групи поступово звикають до спільної роботи, перестають боятись критики, не ображаються, коли хтось відкидає їхню пропозицію. Росте взаєморозуміння, ідеї схоплюються з півслова. У «синектиці» удалося зм'якшити й інше протиріччя – між хаотичністю мислення і послідовністю вирішення. Тут удалося упорядкувати процес вирішення задачі, зберігши стихійність, властиву мозковому штурму.

У. Гордон робить наголос на необхідності попереднього навчання, на існування спеціальних прийомів, на певну організацію процесу вирішення. На думку Гордона, існує два види механізмів творчості: *неопераційні* («некеровані») – інтуїція, натхнення і т. ін. – і *операційні* – використання різного виду аналогій. Потрібно учити застосуванню операційних механізмів, це забезпечує

підвищення ефективності творчості і, крім того, створює сприятливі умови для прояву неопераційних механізмів.

Теоретичною основою синектики стали твердження, що творчий процес пізнаваний і може бути раціонально організований, творчі процеси окремої особи і колективу аналогічні, ірраціональний момент у творчості важливіший за раціональний, у латентному (схованому) стані знаходиться дуже багато творчих здібностей, які можна виявити і стимулювати.

Гордон відзначає, що дуже багато чого залежить від розуміння задачі: первісні умови не завжди ясні, нерідко вони підштовхують до невірною напрямку. Тому вирішення потрібно починати із з'ясування й уточнення задачі: шляхом обговорення перейти від початкового формулювання (проблема як вона дана – ПЯД) до робочого (проблема як вона зрозуміла – ПЯЗ). Наприклад, була поставлена задача, «як одержати пінисту структуру, яку можна використовувати як харчовий продукт?» У ході обговорення виникли різні формулювання ПЯЗ: як можна змусити матеріал розширюватися, щоб перетворитися в пінисту структуру?; як можна змусити частки матеріалу стискатися до пінистої структури?; чи не можна змішати цей матеріал з чимось іншим, щоб він став пінистим?

Для творчого процесу, пише У. Гордон, дуже важливе уміння перетворювати незвичне в звичне і, навпаки, звичне – у незвичне. Мова йде про те, щоб за новою (а тому незвичною) проблемою, ситуацією побачити щось знайоме і, отже, розв'язуване відомими засобами. З іншого боку, дуже важливий погляд на те, що вже стало звичним, давно примигтілося.

Люди одержують спадщину з заморожених слів і способів розуміння, що додають навколишній дійсності зручну, звичну форму, але від цієї спадщини потрібно відмовитися.

Робочим механізмом для вироблення свіжого погляду на задачу є обов'язкове застосування чотирьох видів аналогій: прямої, особистої, символічної, фантастичної.

Пряма аналогія – об'єкт чи процес, що розглядається, порівнюється з більш-менш аналогічним об'єктом чи процесом з іншої галузі техніки або ж з об'єктом з живої природи. Робиться спроба використання готових рішень з інших областей техніки або живої природи. Наприклад, якщо хочемо удосконалити процес

фарбування меблів, то застосування прямої аналогії буде полягати в тому, щоб розглянути, як пофарбовуються мінерали, квіти, птахи, веселка, телезображення, як фарбовували тканини у стародавній Греції та Римі, як змінює своє забарвлення хамелеон і т. ін. Пряма аналогія – це метод пошуку аналогічних рішень у широкому змісті.

Особиста аналогія (емпатія) – базується на тому, що вирішуючий задачу вживається в образ розглянутого об'єкта, тобто намагається ніби ототожнювати себе з ним, проаналізувати виникаючі відчуття. Скажемо, треба уявити себе підводним крилом «Метеора» чи «Ракети». Крило швидко руйнується від ефекту кавітації – схлопування дрібних пухирців газу на поверхні крила. Як поводитися, щоб захиститися від пухирців?

Або ж уявіть собі поле, на якому розташувалася велика зграя ворон. Усі ворони сірі, а Ви (саме особисто Ви) ворона біла. Білих ворон ніхто не любить, усі хочуть їх прогнати, дзьобнути, скривдити. Як зробити, щоб Вас не дзьобали, не проганяли, як зійти за свою? Що робити?

Особиста аналогія дозволяє домогтися кращого розуміння задачі, виявлення ряду факторів, що пов'язані з вирішенням задачі, але звичайно вислизують від уваги.

Символічна аналогія – спроба передати суть об'єкта чи процесу в метафорі, образі, порівнянні. Потрібно в парадоксальній формі коротко сформулювати буквально двома словами фразу, що відбиває суть явища. Вона повинна відбивати зв'язок між словами, що звичайно ніяк одне з одним не зіставляються і містять у собі щось несподіване, дивне. Наприклад, символічна аналогія для фонтана буде звучати як поточна нерухомість, для скла – невидима стіна, для мармуру – райдужна сталість і т. ін.

Фантастична аналогія – вводяться будь-які фантастичні засоби чи персонажі, що виконують те, що потрібно за умовою задачі. Необхідно уявити собі об'єкт, процес, ситуацію такими, якими ми б хотіли їх бачити, незважаючи на реальні обмеження. Наприклад, дорожня сумка, що не має ваги і не займає обсягу, парасолька, що з'являється лише тоді, коли починається дощ і зникає в сонячну погоду і т. ін.

Повна структура синектичного процесу представлена на рис. 3.1.

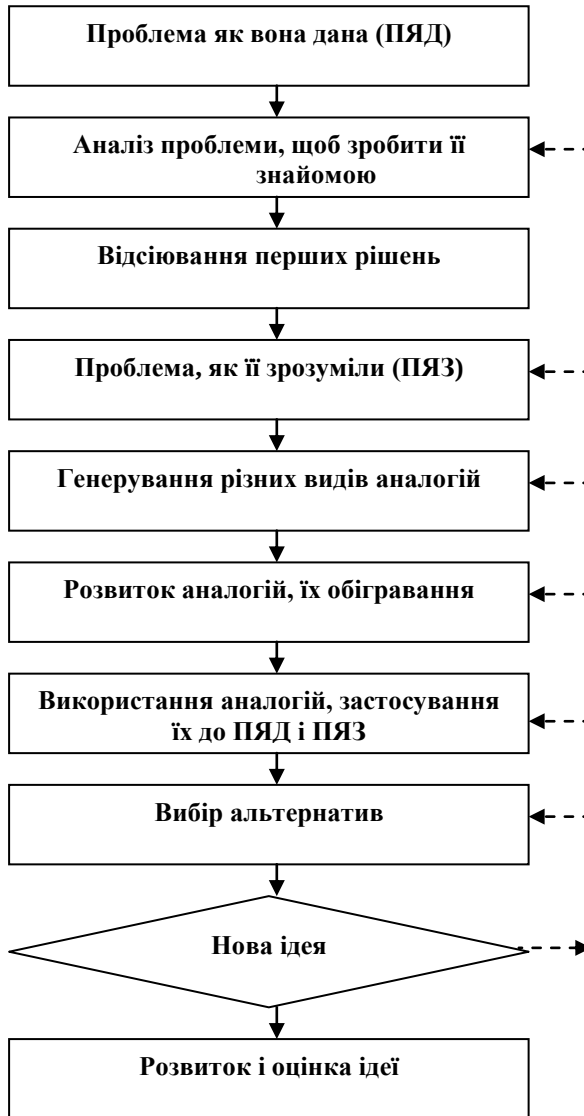


Рисунок 3.1 – Структура синектичного процесу

3.4 Метод контрольних запитань

Метод контрольних запитань застосовується для психологічної активізації творчого процесу. Він допомагає думати «біля», звернути увагу на ті аспекти, що звичайно випадають з поля зору людини, що вирішує задачу. Питання покликані відвести інженера від звичного погляду на задачу, допомогти знайти якийсь новий підхід до ситуації.

Різними авторами й у різний час пропонувалися всілякі списки питань. Так список питань, розроблений А. Осборном, складається з дев'яти груп питань.

- 1) Як по-новому застосувати об'єкт?
- 2) Як спростити об'єкт?
- 3) Як модифікувати об'єкт?
- 4) Що можна збільшити в об'єкті?
- 5) Що можна зменшити?
- 6) Що можна замінити?
- 7) Що можна перетворити?
- 8) Що можна зробити навпаки?
- 9) Можливі комбінації елементів об'єкта?

Кожна з цих груп включає 5–10 питань. Так, у п'яту групу входять питання: що можна в об'єкті зменшити; що можна замінити; що можна ущільнити, зжати, згустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, покоротшати, звузити, відокремити, розібрати?

Одним із кращих списків контрольних питань вважається список питань, складений англійським винахідником Т. Ейлоартом і опублікований у журналі «Винахідник і раціоналізатор» – 1970 р. №5.

Цей список по суті справи є програмою роботи талановитого інженера-винахідника, що наполегливо намагається вирішити задачу методом ПіП. Деякі питання вимагають розвинутої уяви, інші – глибоких і різнобічних знань, є питання по-своєму дуже тонкі, що свідчать про багатий досвід і спостережливість Ейлоарта. Через те, що журнал «Винахідник і раціоналізатор» за 1970 р. став у наш час бібліографічною рідкістю, ми вирішили привести цей список цілком.

Список контрольних питань за Т. Ейлоартом.

- 1) Перерахувати всі властивості і визначення передбачуваного винаходу. Змінити їх.

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

3) Перелічити недоліки наявних рішень, їхні основні принципи, нові припущення.

4) Накидати фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні й інші аналогії.

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

6) Спробувати різні види матеріалів і види енергії: газ, рідину, тверде тіло, гель, піну, пасту й ін.; тепло, магнітну енергію, світло, силу удару і т. ін.; різні довжини хвиль, поверхневі властивості і т. ін., перехідні стани – замерзання, конденсацію, перехід через точку Кюрі, ефекти Джоуля-Томпсона, Фарадея й ін.

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

8) Довідатися, який погляд на дану справу мають зовсім необізнані з нею люди.

9) Влаштувати сумбурне групове обговорення, особливо під час випивки, вислуховуючи всі і кожную ідею без критики.

10) Спробувати «національні» рішення: хитре шотландське, усеосяжне німецьке, марнотратне американське, складне китайське і т. ін.

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

12) Бродити серед стимулюючої обстановки (звалища брухту, технічного музею, магазинів дешевих речей), перебігати журнали, комікси.

13) Накидати таблицю цін, величин, переміщень, типів матеріалів і т. ін. для різних рішень проблеми або різних її частин, шукати вади в рішеннях або нові комбінації.

14) Визначити ідеальне рішення, розробляти можливі.

15) Видозмінити рішення проблеми з погляду часу (скоріше або повільніше), розмірів, в'язкості і т. ін.

16) В уяві залізити усередину механізму.

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

18) Чия це проблема? Чому його?

19) Хто придумав перший? Історія питання. Які хибні тлумачення цієї проблеми мали місце?

20) Хто ще вирішував цю проблему? Чого він домігся?

21) Визначити загальноприйняті граничні умови і причини їхнього встановлення.

3.5 Інші методи знаходження нових рішень

Вище були розглянуті деякі методи пошуку нових рішень, що підвищують інтенсивність інженерної праці. Важливо відзначити, що всі ці методи є не тільки засобами вирішення проблем, але і психологічним інструментом розвитку інтелекту і творчих здібностей людини і у першу чергу її інтуїції, уяви, фантазії.

Серед інших методів, що активізують перебір варіантів і використовуються у теперішній час інженерами, винахідниками і раціоналізаторами, можна назвати методи: *фокальних об'єктів, гірлянд асоціацій, семиразового пошуку, «матриць відкриттів», функціонального винахідництва, морфологічного аналізу* та ін.

Поява методів активізації перебору варіантів – знаменна віха в історії людства. Уперше на практиці була доведена можливість – нехай обмежено – керувати творчим процесом. Американські методологи творчості А. Осборн, Ф. Цвіки, Дж. Гордон показали, що здатність вирішувати творчі задачі можна і потрібно розвивати за допомогою навчання. Був підірваний міф про «осяяння», що не піддається керуванню і відтворенню.

Однак, методам активації перебору варіантів властивий великий недолік: усі вони не спираються на закони діалектики, закони розвитку, не відштовхуються від того, що джерелом будь-якого розвитку є протиріччя, усі вони не враховують закономірностей у розвитку техніки. До того ж, справляючись із задачами простої і середньої складності, що вимагають для своїх вирішень від декількох десятків до декількох тисяч проб, вони не ефективні, коли для

знаходження сильного рішення потрібні сотні тисяч таких проб. У зв'язку з ускладненням техніки, відповідно і ускладненням задач, розв'язуваних інженером, відмовлення від кустарного методу проб і помилок і перехід до принципово іншої технології удосконалювання технічних систем – історична необхідність. Інженер повинен бути озброєний методикою переведення задач вищого рівня – ціною в багато тисяч проб – на нижчий рівень, де досить усього кілька проб.

4 ТЕОРІЯ ВИРІШЕННЯ ВІНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ

4.1 Основні поняття

Теорія вирішення винахідницьких задач (ТВВЗ) розроблялася й удосконалювалася на території колишнього Радянського Союзу протягом більш напівстоліття минулого сторіччя. Основоположником цієї теорії був інженер Г. С. Альтшуллер, особистість яскрава і неабияка, що зуміла не тільки закласти основи цієї теорії й обґрунтувати її основні принципи і підходи, але і залучити до її розвитку багатотисячний загін послідовників і учнів.

ТВВЗ базується на основі ретельного вивчення й аналізу сотень тисяч винаходів, і усі її рекомендації, правила, висновки і алгоритми є відображенням наукової і технічної діяльності людей, їхньої творчої думки.

ТВВЗ містить у собі типові прийоми усунення технічних протиріч, вепольний аналіз, стандарти вирішення винахідницьких задач, закони розвитку технічних систем, алгоритмічний метод вирішення винахідницьких задач (АВВЗ), а також фонд фізичних, хімічних, геометричних і інших ефектів і явищ, застосованих при вирішенні винахідницьких задач.

4.2 Прийоми (принципи) усунення технічних протиріч

Науково обґрунтований пошук прийомів вирішення винахідницьких задач почався в 50–60-х роках минулого сторіччя. На основі аналізу великого масиву патентної інформації (понад 40 тисяч сильних винаходів з різних галузей техніки) удалося виявити 40 сильних типових прийомів, що ефективно спрацьовували не менш ніж у 100 винаходах (див. додаток А). Однак використання цих прийомів у інженерній практиці ускладнене тим, що кожен зі знайдених прийомів містить ще 2–5 підприйоми, і в такий спосіб загальна кількість прийомів усунення технічного протиріччя перевищує сотню. Природно, користувач доти, поки задача не вирішена, не знає, яким саме прийомом скористатися, і змушений перепробувати усі 100 варіантів, що, безумовно, з одного боку, потребує багато часу на

відшукування рішення, а з іншого боку, це схоже на вирішення задач традиційним методом ПіП.

Коли технічне протиріччя виявлене і сформульоване, тоді задача відшукування відповідних прийомів, що раніше найчастіше використовувалися при розв'язуванні аналогічного протиріччя, істотно спрощується. Була розроблена спеціальна таблиця, у якій відбито колективний творчий досвід декількох поколінь винахідників. У цій таблиці по вертикалі розташовуються характеристики технічних систем, що за умовами задачі необхідно поліпшити, а по горизонталі – характеристики, що при цьому неприпустимо погіршуються. Припустимо, нам необхідно щось поліпшити в нашій системі. Вибираємо один з відомих методів (засобів), здатних це зробити. Якщо поліпшення досягається без шкідливих наслідків, то проблема вирішена, винахідницька задача відсутня. Якщо ж використання відомих методів чи засобів призводить до будь-якого шкідливого ефекту (погіршення іншої характеристики), то звертаємося до таблиці. На перетині рядків і колонок з найменуваннями характеристик, що поліпшуються і погіршуються, знаходимо номери прийомів, що дозволяють з найбільшою імовірністю усунути виникаюче технічне протиріччя.

Наприклад, необхідно збільшити «освітленість» (рядок 18) у цеху, тому що на деяких робочих місцях вона явно недостатня, але збільшення освітленості (застосування більш потужних ламп-світильників) неминуче призведе до зростання споживаної енергії (графа 20). На перетині рядка 18 і стовпчика 20 (табл. 4.1) знаходимо номери прийомів 32, 35, 1, 15. Спробуємо співвіднести зміст цих прийомів з розв'язуваною проблемою.

Розглянемо кожен прийом.

Прийом 32 – принцип зміни забарвлення.

Можна подумати про те, щоб змінити забарвлення приміщення цеху (стін, робочих місць) для того, щоб зменшити поглинання світлових променів, збільшити відбивну здатність, а можливо варто підібрати світильники з іншим спектральним діапазоном.

Прийом 35 – змінити фізико-хімічні параметри об'єкта. Замість ламп накаливання використовувати лампи денного світла (холодне світіння інертних газів).

Таблиця 4.1 – Прийоми усунення технічних протиріч

Що потрібно змінити за умовами задачі	Що неприпустимо погіршується, якщо використовувати відомі способи		
	1	2	3
1			.
2			.
.			.
.			.
Освітленість 18		2. 35.	3

Прийом 1 – принцип дроблення.

Перейти від освітлення усього великого цеху за допомогою потужних світильників до освітлення малопотужними на кожному робочому місці.

Прийом 15 – принцип динамічності.

Режим роботи ламп повинен змінюватися в залежності від необхідної освітленості, освітлюватись повинні тільки ті ділянки, де йде робота; можливо, варто подумати про те, чи не можна змінювати при необхідності висоту розташування самих світильників і т. ін.

Самі прийоми, звичайно, не дають прямої відповіді на те, як потрібно вирішувати конкретну задачу, але вони вказують напрямок, сектор, у якому доцільно шукати рішення.

4.3 Алгоритм вирішення винахідницьких задач

Основним компонентом ТБВЗ, його серцевиною є алгоритм рішення винахідницьких задач (АВВЗ).

Кілька слів про термін «алгоритм». У математиці під алгоритмом мається на увазі строго регламентована послідовність операцій, необхідних для вирішення тієї чи іншої задачі. Це так звані «жорсткі» алгоритми, у них кожна операція визначена зовсім точно і не залежить ні від змін умов задачі, ні від особистості людини, що вирішує задачу.

Так, якщо задане ціле позитивне число і необхідно добути з нього квадратний корінь, то скільки б не було людей, що вирішують цю задачу, усі вони одержать ту ж саму відповідь за умови, що усі вони правильно виконують однакову послідовність дій.

У широкому смислі слова алгоритмом називають усяку програму планомірно спрямованих дій. Програма вирішення винахідницьких задач названа алгоритмом саме в цьому смислі; ця програма дозволяє крок за кроком просуватися до відповіді. Така програма, що використовує всі засоби і методи ТБВЗ (закони розвитку технічних систем, вепольний аналіз, стандарти, інформаційний фонд), називається АВВЗ. Та ж сама задача може бути по-різному вирішена різними людьми; користуючись тим самим алгоритмом, можна отримати різні відповіді чи зовсім не знайти відповіді. АВВЗ не ігнорує особистість, людину, що їм користується, він лише урядовує від свідомо невірних дій.

АВВЗ дозволяє переводити складні і дуже складні задачі в розряд простих.

Перші модифікації АВВЗ з'явилися в 50-і роки минулого сторіччя. З тої пори АВВЗ розвивався і удосконалювався: кожна його модифікація в широких масштабах випробовувалась на практиці, випадки «збоїв» ретельно вивчалися, у текст АВВЗ вносилися корективи – і чергова модифікація АВВЗ знову піддавалася випробуванням. Розгалужена мережа шкіл ТБВЗ у колишньому Союзі дозволяла в короткий термін усебічно випробувати нововведення. Послідовно були розроблені й опубліковані модифікації АВВЗ 1959, 1961, 1964, 1965, 1968, 1971, 1977, 1982, 1985 і 1985 Б. Першоосновою удосконалювання АВВЗ було завжди вивчення патентного фонду,

вивчення патентної інформації з винаходів вищих рівнів. Знайдені закономірності, правила, прийоми включалися в АBB3, швидко перевірялися і коректувалися.

У кожній модифікації АBB3 є три складові частини.

1) Основою АBB3 є *програма послідовних операцій з виявлення й усунення протиріч*. Програма дозволяє крок за кроком переходити від розпливчастої вихідної ситуації до чітко поставленої задачі, потім до спрощеної моделі задачі й аналізу протиріч. У програмі (у самій її структурі, у правилах з виконання окремих операцій) відображені об'єктивні закони розвитку технічних систем.

2) Оскільки програму реалізує людина, необхідні *засоби керування психологічними факторами*: потрібно гасити психологічну інерцію і стимулювати роботу уявлення. Значний психологічний вплив робить саме існування і застосування АBB3: робота за програмою додає впевненості, дозволяє сміливіше виходити за межі вузької спеціальності і, головне, увесь час орієнтує роботу мислі в найбільш перспективному напрямку. Але потрібні і конкретні прийоми, що форсують уявлення. Важливим психологічним прийомом, що дозволяє глибоко проникнути у суть задачі, є вимога формулювання задачі без спеціальних термінів. Ще одним ефективним способом придушення психологічної інерції є «модельовання маленькими чоловічками (ММЧ)». Метод ММЧ детально розглянутий нижче.

3) АBB3 забезпечений великим і в той же час компактним *інформаційним фондом*. Основні складові цього фонду – показники фізичних, хімічних, геометричних ефектів і явищ.

Найбільш досконалою формою АBB3 є версія АBB3-85Б, однак вона і найскладніша, тому для тих, хто уперше вирішив вивчати АBB3; вивчення доцільно починати з АBB3-77, тому що він значно простіше, але разом з тим містить усі основні елементи алгоритму – такі як модель задачі, технічне протиріччя, ідеальний кінцевий результат, фізичне протиріччя, способи усунення фізичних протиріч. Після засвоювання версії АBB3-77 доцільно переходити до оволодіння більш складною і досконалою версією АBB3-85Б. Обидві ці версії приведені в додатках (див. додатки Б, В).

Відмінною рисою АBB3 від методів активізації перебору варіантів є те, що він різко скорочує кількість проб при пошуку

рішення. Це пояснюється тим, що він орієнтує не на збільшення кількості альтернативних варіантів (як працюють усі методи ПіП), а, навпаки, на їхнє скорочення. Покажемо, як це відбувається.

Коли інженер зіштовхується з проблемною ситуацією і не має уявлення про способи її вирішення, то йому залишається шукати рішення навмання, використовуючи метод ПіП: «Чи не можна змінити цей елемент, або цей, а може той?». Але тому, що в складних ситуаціях елементів може бути дуже багато, то кількість спроб і намагань зростає багаторазово.

При алгоритмічному методі вже на перших кроках роботи за алгоритмом відбувається перехід від ситуації до моделі задачі. Модель задачі містить всього два елементи, але не будь-які, а тільки такі, котрі містять у собі технічне протиріччя. Приклади технічних протиріч: збільшення складності виробу – зниження надійності; підвищення міцності деталі – збільшення її маси; підвищення точності виготовлення – зростання трудомісткості і т. ін.

Типові технічні протиріччя можуть бути усунуті типовими прийомами.

Алгоритм наказує з двох елементів, що складають модель задачі, вибрати один змінюваний елемент. Якщо за умовами задачі ми не можемо змінювати жоден з обраних елементів, то АБВЗ радить як змінюваний елемент узяти Х-елемент. Далі алгоритм потребує сформулювати ідеальний кінцевий результат (ІКР). Формулювання ІКР відбиває ідеальний образ шуканого вирішення задачі і записується у стандартній формі. «Змінюваний елемент (указати який) **сам** усуває шкідливий вплив (указати який), зберігаючи здатність виконувати корисний вплив». Іншими словами, змінюваний елемент сам усуває технічне протиріччя, причому необхідний ефект повинний бути досягнутий без будь-яких втрат (неприпустимі зміни і ускладнення системи, її частин), без витрат енергії, без виникнення супутніх шкідливих явищ і т. ін. Весь парадокс полягає у тому, що, сформулювавши ІКР, ми поки що зовсім не знаємо, як до нього йти, як його досягти, але ми вже чітко знаємо, де знаходиться сильне рішення і як воно повинно виглядати в ідеалі. Якщо нам вдасться знайти рішення, що збігається з ІКР чи близьке до нього, то воно, безумовно, буде сильним.

Для того, щоб усунути технічне протиріччя, алгоритм наказує перейти від технічного протиріччя до фізичного. Фізичне протиріччя

формулюється так: змінюваний елемент повинен мати властивість А, щоб усунути шкідливий вплив у моделі задачі, і бути не А, щоб зберегти бажаний, потрібний прояв. Наприклад, змінюваний елемент повинний бути легким і важким, або гарячим і холодним; так, ніж має бути гострим і тупим: гострим, щоб добре різати, а тупим, щоб не порізатися. Гранична загостреність конфлікту (бути А и не бути А) додає фізичному протиріччю високу евристичну цінність.

Якщо фізичне протиріччя сформульоване правильно, то задачу – навіть складну – можна вважати значною мірою вирішеною, і подальше просування, як правило, не викликає труднощів. Коли фізичне протиріччя усунуте й ідея вирішення задачі знайдена, необхідно перейти від фізичної відповіді до технічної: сформулювати спосіб і дати принципову схему пристрою, що здійснює цей спосіб.

Слід зазначити, що АBBЗ призначений для одержання загальної ідеї рішення, у функції алгоритму не входить конструкторське, інженерне пророблення отриманого рішення. Однак загальну ідею АBBЗ прагне максимально зміцнити і розвинути.

АBBЗ також включає ряд кроків, що контролюють наближення відповіді до ІКР, відповідність намічуваних змін системи закономірностям технічного прогресу, нагадує про необхідність перевірки (за патентними даними) формальної новизни отриманого рішення.

АBBЗ передбачає проведення глибокого аналізу отриманого результату (відповіді), ставлячи перед інженером ряд конкретних питань, що звичайно випадають з поля його зору.

Наприклад: як зміниться навколишнє середовище у зв'язку з появою нової системи? Чи може змінена система застосовуватися по-новому? Чи можна використовувати отриману відповідь при вирішенні інших технічних задач? Чи можна використовувати ідею, зворотну отриманій, і яка сфера її застосування?

Відповіді на поставлені алгоритмом питання дозволяють інженеру самому глибше зрозуміти можливості й особливості власне знайденої ідеї.

АBBЗ сприяє швидкому професійному росту молодого фахівця, розвитку його творчих здібностей шляхом вироблення в нього алгоритмічного стилю мислення і підходу до розв'язуваних проблем і задач. Алгоритм зобов'язує після знаходження рішення задачі обов'язково здійснити аналіз усього ходу вирішування, виявити відхилення від тексту АBBЗ і дослідити причини цих відхилень.

Приклад роботи АBB3-77 наведений у додатку А.

АBB3-85Б є досконалішою версією, ніж його попередники, одночасно і складнішою, що потребує значних витрат часу для вивчення і засвоєння. Так, АBB3-85Б у порівнянні з АBB3-77 має такі нововведення і доповнення:

- урахування наявних у системі ресурсів, які можна використовувати при вирішенні задачі: ресурсів простору, часу, речовин і полів;

- аналіз фізичного протиріччя на макрорівні (виділеної частини змінюваного об'єкта) і мікрорівні (частки виділеної частини);

- одночасне виділення системи (об'єкта, на рівні якого ставилася первісна задача), підсистем (частин об'єкта) і надсистеми. Іноді ідея, отримана при розгляді системи, годиться не для неї самої, а для надсистеми або підсистем. Одночасне бачення взаємодії елементів декількох ієрархічних рівнів – безумовно, тонка і складна розумова операція, що найчастіше гарантує від багатьох інженерних помилок;

- використання *методу «маленьких чоловічків»* (ММЧ).

Приклад роботи АBB3-85Б наведений у додатку Б.

4.4 Метод маленьких чоловічків (ММЧ)

ММЧ – вид особистої аналогії (емпатії), що є однією з обов'язкових аналогій у методі «синектика». Сутність емпатії у тому, що людина, що вирішує задачу, вживається в образ аналізованого об'єкта і намагається здійснити необхідні дії. Практика показує, що за допомогою емпатії вдавалося вирішувати дуже складні задачі, одержувати цінні ідеї. Однак емпатія не завжди працює ефективно. У тих випадках, коли людині потрібно поставити себе на місце об'єкта, який необхідно розрізати, роздрібнити на дрібні шматочки, розчинити в кислоті і т. ін., мимоволі спрацьовують захисні механізми і блокують думку. Неподільність людського організму заважає успішно застосовувати емпатію для рішення багатьох задач.

Цей недолік емпатії усунутий у ММЧ, що застосовується у АBB3. Суть цього методу полягає в тому, щоб уявити об'єкт у вигляді безлічі («юрби») маленьких чоловічків. Чому чоловічки, а не мікроби, кульки, мушки і т. ін.? Для моделювання потрібно, щоб маленькі частки бачили, розуміли, могли діяти. Ці вимоги якомога краще асоціюються з людиною: у неї є очі, мозок, руки.

У ММЧ збережена сильна сторона емпатії і відсутні властиві їй недоліки.

Техніка застосування методу зводиться до простих операцій:

– виділяють ту частину об'єкта, що не справляється з технічним протиріччям, і зображують її у вигляді юрби маленьких чоловічків;

– чоловічки поділяються на групи, що діють (переміщуються) за умовами задачі;

– отримана модель перебудовується і розглядається так, щоб виконувалися обов'язкові умови задачі і, у той же час, була б забезпечена необхідна дія.

В історії науки відомі випадки, коли стихійно і однократно застосовувалося щось схоже на ММЧ. Так Дж. Максвелл, творець класичної електродинаміки, при розробці теорії газів уявив собі дві посудини з газами при однаковій температурі. Максвелла цікавило питання: як зробити, щоб в одній посудині виявилися швидкі молекули, а в іншій – повільні? Оскільки температура газів однакова, самі по собі молекули не розділяються: у кожній посудині в будь-який момент часу буде певна кількість швидких і повільних молекул. Максвелл уявно з'єднав судини трубою з «дверцятами», що відкривали й закривали «демони» – фантастичні істоти приблизно молекулярних розмірів. «Демони» пропускали з однієї посудини в іншу швидкі частки і закривали дверцята перед повільними частками.

Другий випадок, дуже близький до ММЧ, зв'язаний з винаходом німецьким хіміком-органіком Ф. Кекуле (1865 р.) циклічної формули бензолу. «Одного разу, – розповідає Кекуле, – увечері, перебуваючи у Лондоні, я сидів в омнібусі і розмірковував про те, яким чином можна зобразити молекулу бензолу C_6H_6 у вигляді структурної формули, що відповідає властивостям бензолу. У цей час я побачив клітку з мавпами, що ловили одна одну, то схоплюючись між собою, то знову розчеплюючись, і одного разу схопилися таким чином, що склали кільце. Кожна однією задньою лапою трималася за клітку, а інша трималася за другу її задню лапу обома передніми, хвостами вони весело розмахували по повітрю. Таким чином, п'ять мавп, схопившись, утворили коло, і в мене відразу ж блимнула в голові думка: от зображення бензолу». Так виникла приведена вище формула, вона нам пояснює міцність бензольного кільця.

Епізоди з Максвеллом і Кекуле неодноразово описувалися авторами, але ніхто ще їх не зв'язував разом і не замислювався над

питанням: от два випадки в різних галузях науки, чому б не перетворити ці випадки в метод, використовуваний свідомо.

Як ілюстрацію використання ММЧ розглянемо навчальну задачу про замикання контактів.

Задача.

До внутрішніх стінок зробленої з діелектрика трубки попарно підведені контакти. Для замикання контактів використовують вільне падіння металевої кульки (усередині трубки вакуум, а пари контактів розташовані на певній відстані один від одного). Тут, однак, виникають труднощі: щоб кулька вільно падала, вона не повинна стикатися з контактами і стінками трубки, а щоб замкнути контакти, кулька повинна з ними стикатися. Як бути? Змінювати загальну схему пристрою (вакуумна трубка і вільно падаючий вантаж, що замикає контакти) і пропонувати інші способи замикання, наприклад, за допомогою фотоелементів, магнітних полів і т. ін. не можна (рис. 4.2).

Приступаючи до вирішення задачі, з метою зниження психологічної інерції мислення бажано замінити термін «металева кулька», що замикає контакти, «падаючим вантажем», чи, ще краще, нейтральним терміном «замикалка», тобто чимось таким, що замикає контакти при вільному падінні. При цьому ми «бачимо» вже не металеву кульку, а якусь «замикалку», що вільно переміщується в трубці, і під час свого руху надійно, «зі скрипом», «залізно» замикає кожен пару контактів, не відчуючи при цьому ніякого гальмування.

Ідею усунення протиріччя «контакт повинен бути і не повинен бути» підказує послідовність рисунків з I по VI, на яких «замикалка» — це чоловічки з круглими головами, контакти — чоловічки з квадратними (див. рис. 4.3).

Отримана серія рисунків наочно показує ідею рішення задачі. Якщо «замикалку» реалізувати у вигляді набору концентричних кілець різного діаметру (рис.4.5), то тоді кожна пара контактів буде затримувати тільки «своє кільце», не заважаючи руху інших кілець.

Ідея рішення задачі з застосуванням ММЧ показана на рис. 4.4.

Вихідна позиція I. Чоловічки $A_1A_2A_3A_4A_5$ взявшись за руки, утворюють шеренгу, що імітує вантаж, чоловічки $B_1...B_4$ — чоловічки контактів.

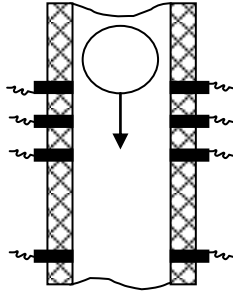


Рисунок 4.2 – Механізм замикання контактів у трубці

Позиція II. Чоловічки $A_1 \dots A_5$ почали рух і, дійшовши до першого контакту, зупинилися, тому що чоловічки контактів B_1 і B_3 їх піймали і міцно тримають. Щоб було вільне падіння, чоловічки $A_1 \dots A_5$ повинні роз'єднати руки і падати незалежно (поз. III).

Позиція IV. Чоловічки першого контакту B_1 і B_3 піймали чоловічків A_1 і A_5 , а чоловічки $A_2 A_3 A_4$ продовжують падіння.

Позиція V. Чоловічки другого контакту піймали чоловічків A_2 і A_4 , а чоловічок A_5 рухається вільно вниз.

Позиція VI. Усі чоловічки вантажу надійно піймані чоловічками контактів.

Таким чином, усі контакти постійні і надійні при збереженні умови вільного падіння.

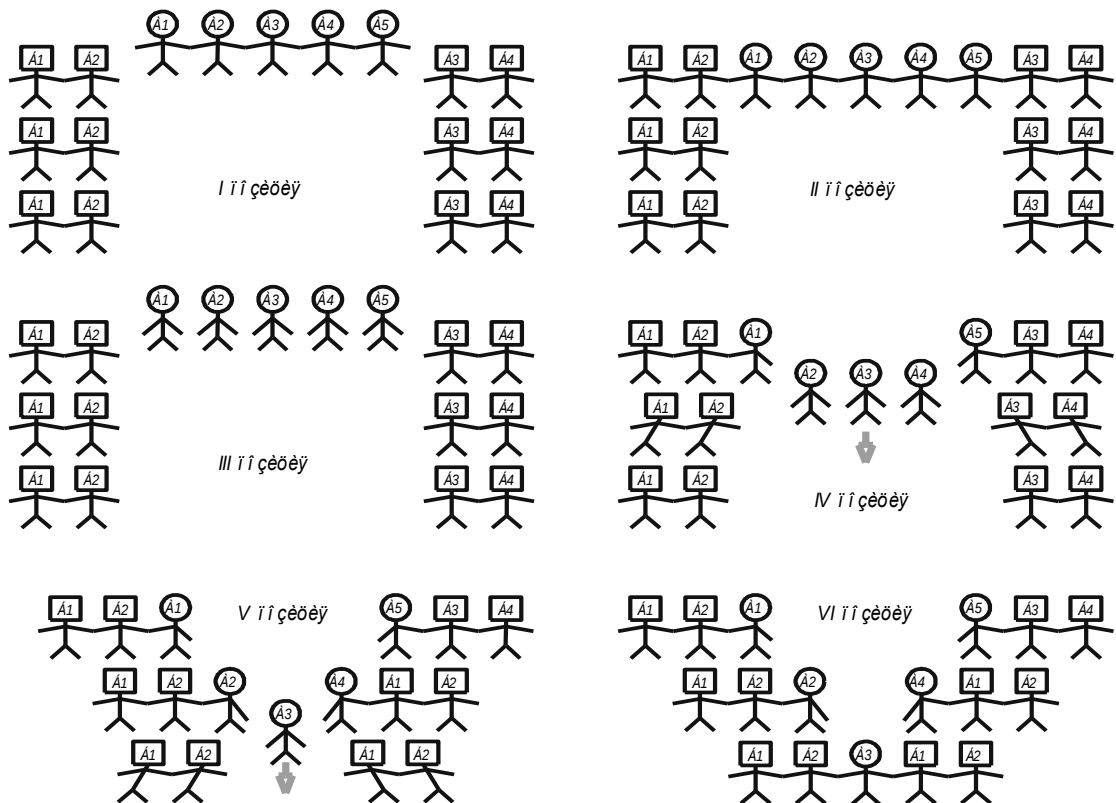


Рисунок 4.3 – Моделивання задачі за допомогою ММЧ

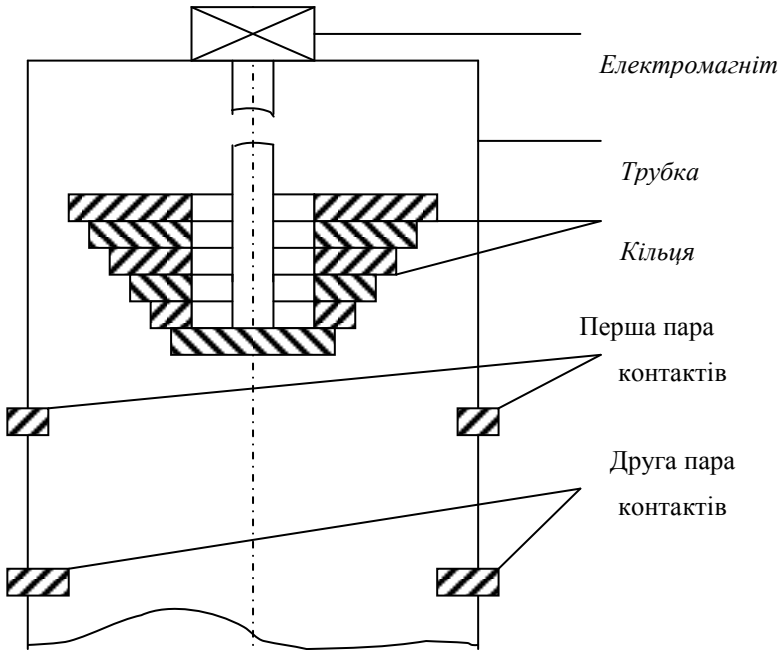


Рисунок 4.4 – Вирішення задачі про замикання контактів

4.5 Розширені можливості АВВЗ

Теорія вирішення винахідницьких задач і її основна складова АВВЗ, безумовно, є одним із ефективних засобів запобігання ПІ і зменшення їхньої кількості, тому що вони дозволяють:

- виявити істинну потребу у новому технічному об'єкті, новому рішенні;
- правильно сформулювати мету, поставити нову задачу. Мистецтво вирішувати інженерні задачі залежить від уміння вчасно і ясно їх бачити і добре і правильно їх ставити;
- вибрати ефективний засіб для досягнення поставленої мети;

- уникнути помилок при прогнозуванні шляхів розвитку нової техніки на основі знання законів розвитку техніки;
- скоротити час при вирішенні нестандартних інженерних задач, відмовившись від методу ПіП;
- виявити й ефективно використовувати усі види ресурсів, які мають у своєму розпорядженні система, її елементи і оточення;
- чітко формулювати технічні і фізичні протиріччя. Прогрес науки і техніки полягає у викорінюванні протиріч, що здаються непримиренними;
- використовувати для ліквідації виявлених протиріч розроблені і апробовані прийоми усунення цих протиріч;
- ефективно вирішувати інженерні і дослідницькі задачі підвищеної складності;
- виробити діалектичний, творчий стиль мислення інженера («АВВЗ – стиль» мислення), значно підвищити інтелектуальні і професійні здібності інженера.

Цінною особливістю АВВЗ є те, що він дозволяє осмислити отриманий результат при вирішенні конкретної задачі і знайти нове застосування знайденої ідеї при вирішенні інших задач, в інших галузях науки і техніки, а також виявити нові потреби людей і запропонувати способи їх задоволення шляхом створення нового класу технічних ідей чи нових технологій.

Часто інженер, вирішивши задачу, досягши найближчої мети, вважає роботу закінченою і з щирим серцем не ускладнює себе аналізом потенційних можливостей отриманого результату. Невикористана інформація, яку містить знайдене рішення, є резервом, резервом упущених і не помічених можливостей. Для інженера повинно стати природним «підходити до будь-якого наукового чи технічного результату не як до даності, частині матеріального світу, а як до етапу процесу пізнання».

У цьому відношенні АВВЗ усе ставить на свої місця, тому що отриманий результат, вирішена інженерна задача є не кінцевим етапом роботи, а поштовхом, стимулом до пізнання цього результату, до відшукування нових форм і ніш використання досягнутого.

АВВЗ виробляє функціональне бачення отриманого результату, бачення нового рішення з погляду ролі, яку воно відіграло, і передбачуваної ролі, що воно може і повинно зіграти.

Закінчивши розробку нового виробу і здавши документацію у виробництво, інженер не повинен вважати свою роботу закінченою, а зобов'язаний думати про те, яким повинен бути майбутній виріб, котрий мусить витиснути з ринку те нове, що ще не запущено в серію. Що потрібно зробити, щоб змусити розщедритися споживача і придбати це супернове майбутнє?

Розвиток техніки може йти двома шляхами: традиційним – «від потреби», і «екзотичним» – «від пропозиції». Традиційний шлях властивий еволюційному розвитку техніки, коли техніка розвивається шляхом поліпшення своїх характеристик і звільнення від недоліків при переході від однієї модифікації до іншої.

Не виключений і інший шлях розвитку техніки – «від пропозиції», коли створюється принципово нове на основі переосмислення (аналізу) невикористаних можливостей, уже наявних знань і раніше знайдених технічних рішень. Так магнітофон був створений «від можливостей», а не від того, що людей не задовольняв механічний звукозапис. Кросівки завоювали світ не тому, що людей не влаштовувало традиційне взуття, а тому, що творці кросівок побачили нові можливості існуючих вже технологій і матеріалів, на основі яких можна створити якісно нове взуття, поява якого на ринку розбудить дрімаючу потребу, що не заявила про себе.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерні помилки: Навчальний посібник. / Г. Р. Перегрін, Л. І. Башмакова, І. Є. Поспєєва, О. О. Соріна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2007. – 289 с.
2. Хубка В. Теория технических систем: Пер. с н. – М.: Мир, 1987. – 208 с.
3. Соболев П. А. Как научиться изобретать. – Ужгород: Карпати, 1973. – 127 с.
4. Сухотин Л. К. Превратности научных идей. – М.: Молодая гвардия, 1991. – 271 с.
5. Одрин В. М., Карташов С. С. Морфологический анализ систем. Построение морфологических таблиц. – Киев: Наукова думка, 1977. – 148 с.
6. Повилейко Р. П. Десятичная матрица поиска. – Рига: Знание, 1978. – 98 с.
7. Дерзкие формулы творчества / Сост. А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1987. – 127 с.
8. Теория и практика решения изобретательских задач: Учебн. пособие / Г. Альтшуллер, Е. Шахматов, И. Фликштейн, Ю. Горелик. – Баку: АЗОИИТ, 1973. – 328 с.
9. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач). / Г. С. Альтшуллер, Б. Л. Злотин, А. В. Зусман, В. И. Филатов. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. – 380 с.
10. Соболев Ю. М. Конструктор и экономика: ФСА для конструктора. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1987. – 102 с.
11. Как стать еретиком / Сост. А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1996. – 218 с.
12. Одрин В. М. Метод морфологического анализа технических систем. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 310 с.
13. Голдовский Б. И., Вайнерман М. И. Рациональное творчество. – М.: Речной транспорт, 1990. – 118 с.
14. Эсаулов А. Ф. Проблемы решения задач в науке и технике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. – 200 с.
15. Альтшуллер Г. С. Формулы талантливого мышления. // Изобретатель и рационализатор. – 1977, № 12, – С. 29–31.

Додаток А Алгоритм вирішення винахідницьких задач

АВВЗ-77

Частина 1. Вибір задачі

1.1. Визначити кінцеву мету вирішення задачі:

- а) Яку характеристику об'єкта треба змінити?
- б) Які характеристики об'єкта взагалі не можна змінювати при вирішенні задачі?
- в) Які витрати знизяться, якщо задача буде вирішена?
- г) Які (приблизно) припустимі витрати?
- д) Який головний техніко-економічний показник треба поліпшити?

1.2. Перевірити обхідний шлях. Припустимо, задача принципово не має вирішення: яку іншу задачу треба вирішити, щоб отримати необхідний кінцевий результат?

а) Переформулювати задачу, перейшовши на рівень надсистеми, у яку входить задана в задачі система.

б) Переформулювати задачу, перейшовши на рівень підсистем (речовин), що входять у задану в задачі систему.

в) На трьох рівнях (надсистема, система, підсистема) переформулювати задачу, замінивши необхідну дію (чи властивість) зворотною.

1.3 Визначити, вирішення якої задачі доцільніше – первісної чи однієї з обхідних. Зробити вибір.

Примітка. При виборі повинні бути враховані фактори об'єктивні (які резерви розвитку заданої в задачі системи) і суб'єктивні (на яку задачу узята установка – мінімальну чи максимальну).

1.4 Визначити необхідні кількісні показники.

1.5 Збільшити необхідні кількісні показники з огляду на час, необхідний для реалізації винаходу.

1.6 Уточнити вимоги, викликані конкретними умовами, у яких передбачається реалізація винаходу.

а) Врахувати особливості впровадження, зокрема, ступінь складності рішення, що допускається.

б) Врахувати передбачувані масштаби застосування.

1.7. Перевірити, чи вирішується задача прямим застосуванням стандартів на вирішення винахідницьких задач. Якщо відповідь отримана, перейти до 5.1. Якщо відповіді немає, перейти до 1.8.

1.8. Уточнити задачу, використовуючи патентну інформацію.

а) Які (за патентними даними) є відповіді на задачі, близькі до даної?

б) Які є відповіді на задачі, схожі на дану, але які відносяться до ведучої галузі техніки?

в) Які є відповіді на задачі, зворотні до даної?

1.9 Застосувати оператор РЧВ.

а) Уявно змінюємо розміри об'єкта від заданої величини до 0. Як тепер вирішується задача?

б) Уявно змінюємо розміри об'єкта від заданої величини до нескінченності. Як тепер вирішується задача?

в) Уявно змінюємо час процесу (або швидкість руху об'єкта) від заданої величини до 0. Як тепер вирішується задача?

г) Уявно змінюємо час процесу (або швидкість руху об'єкта) від заданої величини до нескінченності. Як тепер вирішується задача?

д) Уявно змінюємо вартість (припустимі витрати) об'єкта або процесу від заданої величини до 0. Як тепер вирішується задача?

е) Уявно змінюємо вартість (припустимі витрати) об'єкта або процесу від заданої величини до нескінченності. Як тепер вирішується задача?

Частина 2. Побудова моделі задачі

2.1. Записати умови задачі, не використовуючи спеціальні терміни.

Антену радіотелескопа розташована в місцевості, де часто бувають грози. Для захисту від блискавок навколо антени необхідно поставити блискавковідводи (металеві стрижні). Але блискавковідводи затримують радіохвилі, створюючи радіотінь. Установити блискавковідводи на самій антені в даному випадку неможливо. Як бути?

2.2. Виділити і записати конфліктуючу пару елементів. Якщо за умовами задачі є тільки один елемент, перейти до кроку 4.2.

Правило 1. У конфліктуючу пару елементів обов'язково повинен входити виріб.

Правило 2. Другим елементом пари повинен бути елемент, з яким безпосередньо взаємодіє виріб (інструмент чи другий виріб).

Правило 3. Якщо заданий один елемент (інструмент) і за умовами задачі він може мати два стани, треба взяти той стан, який забезпечує найкраще здійснення головного виробничого процесу (основної функції всієї технічної системи, зазначеної в задачі).

Правило 4. Якщо в задачі є пари однорідних взаємодіючих елементів ($A_1, A_2, \dots, B_1, B_2, \dots$), досить взяти одну пару (A_1 і B_1).

Приклади

У задачі два «вироби» – блискавка і радіохвилі і один інструмент – блискавковідвід. Конфлікт у даному випадку не усередині пар «блискавковідвід-блискавка» і «блискавковідвід-радіохвилі», а між цими парами.

Щоб перевести таку задачу в канонічну форму з однією конфліктуючою парою, потрібно заздалегідь додати інструменту властивість, необхідну для виконання основної виробничої дії даної технічної системи, тобто треба прийняти, що блискавковідводу немає і радіохвилі вільно проходять до антени.

Отже, конфліктуюча пара: відсутній блискавковідвід і блискавка (чи непровідний блискавковідвід і блискавка).

2.3. Записати дві взаємодії (дії, властивості) елементів конфліктуючої пари: наявну і ту, яку треба увести; корисну і шкідливу.

Приклади

Відсутній блискавковідвід не створює радіоперешкод.

Відсутній блискавковідвід не ловить блискавку.

2.4. Записати стандартне формулювання моделі задачі, указавши конфліктуючу пару і технічні протиріччя.

Приклади

Задані: відсутній блискавковідвід і блискавка. Такий блискавковідвід не створює радіоперешкод, але і не ловить блискавку.

Частина 3. Аналіз моделі задачі

3.1. Вибрати з елементів, що входять у модель задачі, той, який можна легко змінювати, заміняти і т. ін.

Правило 5. Технічні об'єкти легше змінювати, аніж природні.

Правило 6. Інструменти легше змінювати, аніж вироби.

Правило 7. Якщо в системі немає легко змінюваних елементів, слід вказати «зовнішнє середовище».

Приклади

Блискавковідвід – інструмент, «що обробляє» (змінює напрямок руху) блискавку, яку у даному випадку слід вважати виробом. Аналогія: дощова труба і дощ. Блискавка – природний об'єкт, блискавковідвід – технічний, тому об'єктом треба взяти блискавковідвід.

3.2 Записати стандартне формулювання ІКР (ідеального кінцевого результату).

Елемент (вказати елемент, обраний на кроці 3.1.) сам (сама, саме) усуває шкідливі взаємодії, зберігаючи здатність виконувати (указати корисна взаємодія).

Правило 8. У формулюванні ІКР завжди повинне бути слово «сам» («сама», «саме»).

Приклади

Відсутній блискавковідвід сам забезпечує піймання блискавки, зберігаючи здатність не створювати радіоперешкод.

3.3 Виділити ту зону елементів (зазначену на кроці 3.2.), що не справляється з необхідним за ІКР комплексом двох взаємодій. Що в цій зоні – речовина, поле? Показати цю зону на схематичному рисунку, позначивши її кольором, штрихуванням і т. ін.

Приклади

Та частина простору, що займав відсутній блискавковідвід. Речовина (стовп повітря), пронизувана вільно радіохвилями.

3.4 Сформулювати суперечливі фізичні вимоги, що пред'являються до стану виділеної зони елемента конфліктуючими взаємодіями (діями, властивостями).

а) Для забезпечення (вказати корисну взаємодію чи ту взаємодію, яку треба зберегти) необхідно (вказати фізичний стан: бути нагрітою, рухливою, зарядженою і т. ін.);

б) Для запобігання (указати шкідливу взаємодію чи взаємодію, яку треба ввести) необхідно (указати фізичний стан: бути холодною, нерухомою, незарядженою і т. ін.).

Правило 9. Фізичні стани, зазначені в п.п. а і б, повинні бути взаємопротилежними.

Приклади

а) Щоб пропускати радіохвилі, стовп повітря повинен не бути провідником (точніше, не повинен мати вільних зарядів).

б) Щоб ловити блискавку, стовп повітря повинен бути провідником (точніше, повинен мати вільні заряди).

3.5. Записати стандартні формулювання фізичного протиріччя.

а) Повне формулювання: (вказати виділену зону елемента) повинна (вказати стан, відзначений на кроці 3.4.а), щоб виконувати (вказати корисну взаємодію), і повинна (вказати стан, відзначений на кроці 3.4.б), щоб запобігати (вказати шкідливу взаємодію).

б) Коротке формулювання: (вказати виділену зону елемента) повинна бути і не повинна бути.

Приклади

а) Стовп повітря повинен мати вільні заряди, щоб «ловити» блискавку, і не повинен мати вільних зарядів, щоб не затримувати радіохвилі.

б) Стовп повітря з вільними зарядами повинен бути і не повинен бути.

Частина 4. Усунення фізичного протиріччя

4.1. Розглянути найпростіші перетворення виділеної зони елемента, тобто розподіл суперечливих властивостей:

а) у просторі;

б) у часі;

в) шляхом використання перехідних станів, при яких протилежні властивості співіснують чи поперемінно з'являються;

г) шляхом перебудови структури: частки виділеної зони елемента наділяються існуючою властивістю, а уся виділена зона в цілому наділяється необхідною (конфліктуючою) властивістю.

Якщо фізична відповідь отримана (тобто виявлена необхідна фізична дія), перейти до 4.5. Якщо фізичної відповіді немає, перейти до 4.2.

Приклади

Задача може бути вирішена за 4.1.б і 4.1.в.

Вільні заряди самі з'являються у стовпі повітря на початкових етапах виникнення блискавки. Блискавковідвід на короткий час стає провідником, а потім вільні заряди самі зникають.

4.2. Використовувати таблицю типових моделей задач і вепольних перетворень. Якщо отримана фізична відповідь, перейти до 4.4. Якщо фізичної відповіді немає, перейти до 4.3.

Приклади

Модель задачі відноситься до класу 16. За типовим рішенням речовина В1 повинна роздвоюватися, стаючи то В1, то В2, тобто стовп повітря повинен ставати провідним з появою блискавки, а потім повертатися у непровідний стан.

4.3. Використовувати таблицю застосування фізичних ефектів і явищ. Якщо отримана фізична відповідь, перейти до 4.5. Якщо фізичної відповіді немає, перейти до 4.4.

Приклади

Задача: за таблиці підходить п.23 – іонізація під дією сильного електромагнітного поля (блискавка) і рекомбінація після зникнення цього поля (радіохвилі – слабе поле). Інші ефекти відносяться до рідин і твердих тіл, вимагають уведення добавок і не забезпечують самокерування.

4.4. Використовувати таблицю основних прийомів усунення технічних протиріч. Якщо до цього отримана фізична відповідь, використовувати таблицю для її перевірки.

Приклади

За умовами задачі треба ліквідувати дію блискавки – шкідливого зовнішнього фактора (рядок 30). Відомий шлях – установити звичайний металевий блискавковідвід. Програш – поява радіотіни, тобто виникнення шкідливого фактора, створюваного самим блискавковідводом (стовпчик 31). У таблиці ця клітинка порожня. Візьмемо колонку 18 (зменшення освітленості, поява оптичної тіні замість радиотени). Прийоми: 1, 19, 32, 13. Прийом 19 – одна дія відбувається в паузах іншої.

4.5. Перейти від фізичної відповіді до технічної: сформулювати спосіб і дати схему пристрою, що здійснює цей спосіб.

Приклади

Щоб у повітрі з'явилися вільні заряди, потрібно зменшити тиск. Буде потрібна оболонка, щоб тримати цей стовп повітря при зниженому тиску. Оболонка повинна бути з діелектрика, інакше вона сама дасть радіотінь.

А. с. №177497: «Блискавковідвід, що відрізняється тим, що з метою додання йому властивості радіопрозорості він виконаний у вигляді виготовленої з діелектричного матеріалу герметично закритої труби, тиск повітря в якій обраний з умови найменших газорозрядних

градієнтів, викликуваних електричним полем блискавки, що розвивається».

Частина 5. Попередня оцінка отриманого рішення

5.1. Провести попередню оцінку отриманого рішення.

Контрольні питання.

Чи забезпечує отримане рішення виконання головної вимоги ІКР («Елемент сам...»)?

Яке фізичне протиріччя усунуте (і чи усунуте) отриманим рішенням?

Чи містить отримана система хоча б один добре керований елемент? Який саме? Як здійснювати керування?

Чи підходить рішення, знайдене для «одноциклової» моделі задачі, до реальних умов з багатьма «циклами»?

Якщо отримане рішення не задовольняє хоча б одному з контрольних питань, повернутися до 2.1.

5.2. Перевірити (за патентними даними) формальну новизну отриманого рішення.

5.3. Які підзадачі можуть виникнути при технічній розробці отриманої ідеї? Записати можливі підзадачі – винахідницькі, конструкторські, розрахункові, організаційні.

Частина 6. Розвиток отриманої відповіді

6.1. Визначити, як повинна бути змінена надсистема, у яку входить змінена система.

6.2. Перевірити, чи може змінена система застосовуватися по-новому.

6.3. Використовувати отриману відповідь при вирішенні інших технічних задач.

а) Розглянути можливість використання ідеї, зворотної отриманій.

б) Побудувати таблицю «розташування частин – агрегатні стани виробу» чи таблицю «використані поля – агрегатні стани виробу» і розглянути можливі перебудови відповіді за позиціями цих таблиць.

Частина 7. Аналіз ходу вирішення

7.1. Порівняти реальний хід вирішення з теоретичним (за АВВЗ). Якщо є відхилення, записати.

7.2. Порівняти отриману відповідь з табличними даними (таблиця вепольних перетворень, таблиця фізичних ефектів, таблиця основних прийомів). Якщо є відхилення, записати.

Додаток Б. Алгоритм вирішення винахідницьких задач

АВВ3-85-Б

Частина 1. Аналіз задачі

Основна мета першої частини АВВ3 – перехід від розпливчатої винахідницької ситуації до чітко побудованої і гранично простої схеми (моделі) задачі.

1.1. Записати умови міні-задачі (без спеціальних термінів) за такою формою:

Технічна система для (вказати призначення) включає (перелічити основні частини системи). Технічне протиріччя 1: (вказати). Технічне протиріччя 2: (вказати). Необхідно при мінімальних змінах у системі (вказати результат, що повинен бути отриманий).

Приклад

Технічна система для прийому радіохвиль: блискавковідводи, блискавки. ТП-1: якщо блискавковідводів багато, вони надійно захищають антену від блискавок, але поглинають радіохвилі. ТП-2: якщо блискавковідводів мало, то помітного поглинання радіохвиль немає, але антена не захищена від блискавок. Необхідно при мінімальних змінах забезпечити захист антени від блискавок без поглинання радіохвиль.

Примітки

Міні-задачу одержують з винахідницької ситуації, вводячи обмеження: «Усе залишається без змін чи спрощується, але при цьому з'являється необхідна дія (властивість) чи зникає шкідлива дія (властивість)».

При запису 1.1 слід вказати не тільки технічні частини системи, але й природні, що взаємодіють із технічними.

Технічними протиріччями називають взаємодії в системі, що складаються, наприклад, у тому, що корисна дія викликає одночасно шкідливу, або:

– ведення (посилення) корисної дії чи усунення (ослаблення) шкідливої дії викликає погіршення (зокрема, неприпустиме ускладнення) однієї з частин системи або всієї системи в цілому.

Технічні протиріччя складають, записуючи один стан елемента системи з поясненням того, що при цьому добре, а що – погано. Потім записують протилежний стан цього ж елемента, і знову – що добре, що погано.

Іноді в умовах задачі дан тільки виріб; технічної системи (інструмента) немає, тому немає явного ТП. У цих випадках ТП одержують, умовно розглядаючи два стани виробу, хоча один зі станів взагалі неприпустимий.

Терміни, що відносяться до інструмента і зовнішнього середовища, необхідно замінити простими словами для зняття психологічної інерції.

1.2. Виділити і записати конфліктуючу пару елементів: виріб і інструмент.

Правило 1. Якщо інструмент за умовами задачі може мати два стани, треба вказати обидва стани.

Правило 2. Якщо в задачі є пари однорідних взаємодіючих елементів, досить взяти одну пару.

Приклад

Вироби – блискавка і радіохвилі. Інструмент – провідні стрижні (багато стрижнів, мало стрижнів).

Примітки

Виробом називають елемент, що за умовами задачі треба обробити (виготовити, перемістити, змінити, поліпшити, захистити від шкідливої дії, знайти, вимірити і т. ін.). У задачах на виявлення і виміри виробом може виявитися елемент, що є за своєю основною функцією інструментом, наприклад шліфувальне коло.

Інструментом називають елемент, з яким безпосередньо взаємодіє виріб (фреза, а не верстат; вогонь, а не пальник). Зокрема, інструментом може бути частина навколишнього середовища. Інструментом є і стандартні деталі, з яких збирають виріб. Наприклад, набір частин гри «Конструктор» – це інструмент для виготовлення різних моделей.

Один з елементів конфліктуючої пари може бути здвоєним. Наприклад, задані два різних інструменти, що повинні одночасно діяти на виріб, причому один інструмент заважає іншому. Чи задані два вироби, що повинні сприймати дію того ж самого інструмента: один виріб заважає іншому.

1.3. Скласти графічні схеми ТП-1 і ТП-2.

Приклад

ТП-1: багато провідних стрижнів.

ТП-2: мало провідних стрижнів.

1.4. Вибрати з двох схем конфлікту ту, що забезпечує найкраще здійснення головного виробничого процесу (основної функції технічної системи, зазначеної в умовах задачі). Указати головний виробничий процес.

Приклад

У задачі про захист антени радіотелескопа головна функція системи – прийом радіохвиль. Тому вибрати слід ТП-2: у цьому випадку провідні стрижні не шкодять радіохвилям.

Примітки

Вибираючи одну з двох схем конфлікту, ми вибираємо й один із двох протилежних станів інструмента. Подальше вирішення повинне бути прив'язане саме до цього стану. Не можна, наприклад, підмінювати «малу кількість провідників» якоюсь «оптимальною кількістю». АБВЗ вимагає загострення, а не згладжування конфлікту.

«Вчепившись» до одного стану інструмента, ми надалі повинні домогтися, щоб при цьому стані з'явилася позитивна властивість, властива іншому стану. Провідників мало і збільшувати їхню кількість ми не будемо, але – у результаті вирішення – блискавки повинні відводитися так, немов провідників дуже багато.

З визначенням головного виробничого процесу (ГВП) іноді виникають труднощі у задачах на виміри. Виміри майже завжди роблять заради зміни, тобто обробки деталі, випуску продукції. Тому ГВП у вимірювальних задачах – це ГВП усієї системи, а не вимірювальної її частини. Наприклад, необхідно вимірювати тиск усередині електроламп, що випускаються. ГВП – не вимір тиску, а випуск ламп.

Виключення становлять тільки деякі задачі на виміри у наукових цілях.

1.5. Підсилити конфлікт, указавши граничний стан (дію) елементів.

Правило 3. Велика частина задач містить конфлікти типу «багато елементів» і «мало елементів» («сильний елемент» – «слабкий елемент» і т. ін.). Конфлікти типу «мало елементів» при посиленні треба приводити до одного виду – «нуль елементів» («відсутній елемент»).

Приклад

Будемо вважати, що замість «малої кількості провідників» у ТП-2 зазначений «відсутній провідник».

1.6. Записати формулювання моделі задачі, указавши: 1) конфліктуючу пару; 2) посилене формулювання конфлікту; 3) що повинен зробити ікс-елемент, що вводиться для вирішення задачі, (що він повинен зберегти і що повинен усунути, поліпшити, забезпечити і т. ін.).

Приклад

Надані відсутній провідник і блискавка. Відсутній провідник не створює перешкод (при прийомі радіохвиль антеною), але і не забезпечує захисту від блискавок. Необхідно знайти такий ікс-елемент, що, зберігаючи здатність відсутнього провідника не створювати перешкод (антені), забезпечував би захист від блискавок.

Ікс-елемент не обов'язково повинен виявитися якоюсь новою складовою частиною системи. Ікс-елемент – це зміна в системі, деякий ікс взагалі. Він може бути, наприклад, зміною температури чи агрегатного стану якоїсь частини системи або зовнішнього середовища.

Частина 2. Аналіз моделі задачі

Ціль другої частини АВВЗ – урахування наявних ресурсів, які можна використовувати при вирішенні задачі: ресурсів простору, часу, речовин і полів.

2.1. Визначити оперативну зону (ОЗ).

Примітки

У найпростішому випадку оперативна зона – це простір, у межах якого виникає конфлікт, зазначений у моделі задачі.

Приклад

У задачі про антену ОЗ – простір, раніше займаний блискавководом, тобто уявно виділений «порожній» стрижень, «порожній» стовп.

2.2. Визначити оперативний час (ОЧ).

Примітки

Оперативний час – це наявні ресурси часу: конфліктний T_1 і час до конфлікту T_2 . Конфлікт (особливо швидкоплинний, короткочасний) іноді може бути усунутий (відвернений) протягом T_2 .

Приклад

У задачі про антену ОЧ є сумою T_1 (час розряду блискавки) і T_1 (час до наступного розряду). T_2 немає.

2.3. Визначити речовинно-польові ресурси (РПР) розглянутої системи, зовнішнього середовища і виробу. Скласти список РПР.

Примітки

Речовинно-польові ресурси – це речовини і поля, що або вже є, або можуть бути легко отримані за умовами задачі. РПР бувають трьох видів:

Внутрісистемні РПР: а) РПР інструмента; б) РПР виробу.

Зовнішньосистемні РПР: а) РПР середовища, специфічні саме для даної задачі, наприклад, вода в задачі про частки в рідині оптичної чистоти; б) РПР, загальні для будь-якого зовнішнього середовища, «фонові» поля, наприклад, гравітаційне, магнітне поле Землі.

Надсистемні РПР: а) відходи сторонньої системи (якщо така система доступна за умовами задачі); б) «копійчані» – дуже дешеві сторонні елементи, вартістю яких можна зневажити.

При вирішенні конкретної міні-задачі бажано одержати результат при мінімальній розбіжності РПР. Тому доцільно використовувати в першу чергу внутрісистемні РПР, потім зовнішньосистемні РПР і в останню чергу надсистемні РПР. При розвитку ж отриманої відповіді і при вирішенні задач на прогнозування (тобто максизадач) доцільно задіяти максимум різних РПР.

РПР – це наявні ресурси. Їх вигідно використовувати в першу чергу. Якщо вони виявляться недостатніми, можна залучити інші речовини і поля. Аналіз РПР на кроці 2.3 є попереднім.

Приклад

У задачі про захист антени фігурує «відсутній блискавковідвід». Тому у РПР входять тільки речовини і поля зовнішнього середовища. У даному випадку РПР – це повітря.

Частина 3. Визначення ІКР і ФП

У результаті застосування третьої частини АВВЗ повинен сформуватися образ ідеального рішення (ІКР). Визначається також і фізичне протиріччя (ФП), що заважає досягненню ІКР. Не завжди можливо досягти ідеального рішення. Але ІКР вказує напрямок на більш сильну відповідь.

3.1. Записати формулювання ІКР-1: ікс-елемент, абсолютно не ускладнюючи систему і не викликаючи шкідливих явищ, усуває

(указати шкідливу дію) протягом ОЧ у межах ОЗ, зберігаючи здатність інструмента робити (указати корисну дію).

Приклад

Ікс-елемент, абсолютно не ускладнюючи систему і не викликаючи шкідливих явищ, усуває протягом ОЧ «непритягання» блискавки відсутнім провідним стрижнем, зберігаючи здатність цього стрижня не створювати перешкод для антени.

Примітки

Крім конфлікту «шкідлива дія зв'язана з корисною дією» можливі й інші конфлікти. Загальний зміст формулювань ІКР: придбання корисної якості (чи усунення шкідливої) не повинне супроводжуватися погіршенням інших якостей (чи появою шкідливої якості).

3.2. Підсилити формулювання ІКР-1 додатковою вимогою: у систему не можна вводити нові речовини і поля, необхідно використовувати РПР.

Приклад

У моделі задачі про захист антени інструмента немає («відсутній блискавковідвід»). За приміткою 16 у формулюванні ІКР-1 слід ввести зовнішнє середовище, тобто замінити «ікс-елемент» словом «повітря» (можна точніше: «стовп повітря на місці відсутнього блискавковідводу»).

Примітки

При вирішенні міні-задачі, відповідно до приміток 20 і 21, слід розглядати використовувані РПР у такому порядку.

- РПР інструмента,
- РПР зовнішнього середовища,
- побічні РПР,
- РПР виробу (якщо немає заборони за приміткою 21).

Наявність різних РПР обумовлює існування чотирьох ліній подальшого аналізу. Практично умови задачі звичайно скорочують частину ліній. При вирішенні міні-задачі досить вести аналіз до одержання ідеї відповіді; якщо ідея отримана, наприклад, на «лінії інструмента», можна не перевіряти інші лінії. При вирішенні максі-задачі доцільно перевірити усі існуючі в даному випадку лінії, тобто, одержавши відповідь, наприклад, на «лінії інструмента», слід перевірити також лінії зовнішнього середовища, побічних РПР і виробу.

При навчанні АБВЗ послідовний аналіз поступово замінюється паралельним: виробляється уміння переносити ідею відповіді з однієї лінії на іншу. Це так зване «багатоекранне мислення»: уміння одночасно бачити зміни в надсистемі, системі і підсистемах.

Увага! Вирішення задачі супроводжується ламанням старих уявлень, що важко відобразити словами. Як, наприклад, позначити властивості фарби розчинятися, не розчиняючись (фарбувати, не фарбуючи)?..

3.3. Записати формулювання фізичного протиріччя на макрорівні: оперативна зона протягом оперативного часу повинна (указати фізичний макростан, наприклад «бути гарячою»), щоб виконувати (вказати одну з конфліктуючих дій), і повинна (указати протилежний фізичний макростан, наприклад, «бути холодною»), щоб виконувати (вказати іншу конфліктуючу дію чи вимогу).

Примітки

Фізичним протиріччям (ФП) називають протилежні вимоги до фізичного стану оперативної зони.

Приклад

Стовп повітря протягом ОЧ повинен бути електропровідним при розряді блискавки і повинен бути неелектропровідним в інший час. Розряд блискавки порівняно рідкісне явище, до того ж дуже швидко минає. Закон узгодження ритміки: періодичність явища блискавководводу повинна бути та ж, що і періодичність появи блискавки.

Це, звичайно, не уся відповідь. Як, наприклад, зробити, щоб стовп повітря з появою розряду перетворювався в провідник?

Як зробити, щоб провідник зникав відразу по закінченні розряду?

Увага! При вирішенні задачі за АБВЗ відповідь формується поступово, начебто «виявляється». Небезпечно переривати вирішення при першому натяку на відповідь і «закріплювати» ще не цілком готову відповідь. Вирішення за АБВЗ повинне бути доведене до кінця!

3.4. Записати формулювання фізичного протиріччя на мікрорівні: в оперативній зоні повинні бути частки речовини (указати їхній фізичний стан чи дію), щоб забезпечити (указати необхідний за 3.3 макростан), і не повинні бути такі частки (чи повинні бути частки з

протилежним станом чи дією), щоб забезпечити (указати необхідний за 3.3 інший макростан).

Приклад

У стовпі повітря (при розряді блискавки) повинні бути вільні заряди, щоб забезпечити електропровідність (для відводу блискавки), і не повинні бути (в інший час) вільні заряди, щоб не було електропровідності (через яку поглинаються радіохвилі).

Примітки

Частки можуть виявитися: а) просто частками речовини; б) частками речовини в сполученні з якимось полем і (рідкіше); в) «частками поля».

Якщо задача має рішення тільки на макрорівні, 3.4 може не вийти. Але й у цьому випадку спроба складання мікро – ФП корисна, тому що подає додаткову інформацію: задача вирішується на макрорівні.

Увага! Три перші частини АБВЗ істотно перебудовують вихідну задачу. Підсумок цієї перебудови підводить крок 3.5. Складаючи формулювання ІКР-2, одночасно одержуємо нову задачу – фізичну.

Надалі треба вирішувати саме цю задачу!

3.5. Записати формулювання ідеального кінцевого результату ІКР-2: оперативна зона (указати) протягом оперативного часу (указати) повинна сама забезпечувати (указати протилежні фізичні макро- чи мікростани).

Приклад

Нейтральні молекули в стовпі повітря повинні самі перетворюватися у вільні заряди при розряді блискавки, а після розряду блискавки вільні заряди повинні самі перетворюватися у нейтральні молекули.

Зміст нової задачі: на час розряду блискавки в стовпі повітря – на відміну від навколишнього повітря – повинні самі собою з'являтися вільні заряди; тоді стовп іонізованого повітря спрацює як «блискавковідвід» і «притягне» блискавку до себе; після розряду блискавки вільні заряди в стовпі повітря повинні самі собою знову стати нейтральними молекулами. Для вирішення цієї задачі досить знання фізики 9-го класу...

Частина 4. Мобілізація і застосування РПР

Раніше – на кроці 2.3 – були визначені наявні РПР, які можна використовувати безкоштовно. Четверта частина АВВЗ включає планомірні операції зі збільшення ресурсів: розглядаються похідні РПР, отримані майже безкоштовно шляхом мінімальних змін наявних РПР. Кроки 3.3–3.5 почали перехід від задачі до відповіді, заснованій на використанні фізики; четверта частина АВВЗ продовжує цю лінію.

Правило 4. Кожен вид часток, знаходячись в одному фізичному стані, повинен виконувати одну функцію. Якщо частки А не справляються з діями 1 і 2, треба ввести частки Б; нехай частки А виконують дію 1, а частки Б – дію 2.

Правило 5. Уведені частки Б можна розділити на дві групи – Б-1 і Б-2. Це дозволяє «безкоштовно» – за рахунок взаємодії між вже наявними частками Б – одержати нову дію 3.

Правило 6. Поділ часток на групи вигідний і у тих випадках, коли в системі повинні бути тільки частки А: одну групу часток А залишають у колишньому стані, в іншій групі змінюють тільки головний для даної задачі параметр.

Правило 7. Розділені чи введені частки після обробки повинні не відрізнятися одна від одної чи від раніше наявних часток.

Примітки

Правила 4–7 відносяться до усіх кроків четвертої частини АВВЗ.

4.1. Метод ММЧ: а) використовуючи метод ММЧ (моделювання «маленькими чоловічками»), побудувати схему конфлікту; б) змінити схему «а» так, щоб «маленькі чоловічки» діяли, не викликаючи конфлікту; в) перейти до технічної схеми.

Примітки

Метод моделювання «маленькими чоловічками» (метод ММЧ) полягає в тому, що конфліктуючі вимоги схематично представляють у вигляді умовного рисунка (кілька груп, чи група, «юрба»). Зображувати у вигляді «маленьких чоловічків» слід тільки змінювані частини моделі задачі (інструмент, ікс-елемент).

«Конфліктуючі вимоги» – це конфлікт з моделі задачі або протилежні фізичні стани, зазначені на кроці 3.5. Ймовірно, краще останнє, але поки немає чітких правил переходу від фізичної задачі (3.5) до ММЧ. Легше малювати «конфлікт» у моделі задачі.

Пункт 4.1 б) часто можна виконати, сполучивши на одному малюнку зображення: погану дію і гарну дію. Якщо події розвиваються в часі, доцільно зробити кілька послідовних малюнків.

Приклад

а) Чоловічки усередині уявно виділеного стовпа повітря нічим не відрізняються від чоловічків повітря за межами стовпа. Ті й інші однаково нейтральні.

б) За правилом 6 треба розділити чоловічків на дві групи: чоловічки поза стовпом нехай залишаються без змін (нейтральні пари). А чоловічки в стовпі, залишаючись у парах (тобто залишаючись нейтральними), нехай визволять одну руку – це буде символізувати їхнє прагнення притягти блискавку. Можливі й інші малюнки. Але в будь-якому випадку є необхідність розділити чоловічків на дві групи, змінити стан чоловічків у стовпі.

в) Молекула повітря (у стовпі), залишаючись нейтральною молекулою, повинна бути більш схильна до іонізації, розпаду. Найпростіший прийом – зменшення тиску повітря усередині стовпа.

4.2. Якщо з умов задачі відомо, якою повинна бути готова система, і задача зводиться до визначення способу отримання цієї системи, може бути використаний метод «крок назад від ІКР». Зображують готову систему, а потім вносять у малюнок мінімальну демонтуючу зміну. Наприклад, якщо в ІКР дві деталі стикаються, то при мінімальному відступі від ІКР між деталями треба показати зазор. Виникає нова задача (мікрозадача): як усунути дефект? Розв'язування такої мікрозадачі звичайно не викликає утруднень і часто підказує спосіб вирішення загальної задачі.

4.3. Визначити, чи вирішується задача застосуванням суміші ресурсних речовин.

Примітки

Якби для вирішення могли бути використані ресурсні речовини – у тому вигляді, у якому вони дані, – задача швидше за все не виникла або була б вирішена автоматично. Звичайно потрібні нові речовини. Але введення нових речовин пов'язане з ускладненням системи, появою побічних шкідливих факторів і т. ін. Суть роботи з РПР у четвертій частині АБВЗ полягає у тому, щоб обійти це протиріччя і увести нові речовини, не уводячи їх.

4.4. Визначити, чи вирішується задача заміною наявних ресурсних речовин порожнечею чи сумішшю ресурсних речовин з порожнечею.

Приклад

Суміш повітря і порожнечі – це повітря під зниженим тиском. З курсу фізики 9-го класу відомо, що при зменшенні тиску газу зменшується і напруга, необхідна для виникнення розряду. Тепер відповідь на задачу про антену отримана практично цілком. А. с. 177497: «Блискавковідвід, що відрізняється тим, що, з метою надання йому властивості радіопрозорості, він виконаний у вигляді виготовленої з діелектричного матеріалу герметично закритої труби, тиск повітря в якій обраний з умови найменших газорозрядних градієнтів, спричинених електричним полем блискавки, що розвивається,».

Примітки

Порожнеча – винятково важливий речовинний ресурс. Вона завжди є в необмеженій кількості, гранично дешева, легко змішується з наявними речовинами, утворює, наприклад, повні пористі структури, піну, пухирці і т. ін.

Порожнеча – не обов'язково вакуум. Якщо речовина тверда, порожнеча в ній може бути заповнена рідиною чи газом. Якщо речовина рідка, порожнеча може бути газовим пухирцем.

Для речовинних структур певного рівня порожнечею є структури нижніх рівнів (див. примітка 25). Так, для кристалічних ґраток порожнечею є окремі складні молекули, для молекул – окремі атоми і т. ін.

4.5. Визначити, чи вирішується задача застосуванням речовин, похідних від ресурсних (чи застосування суміші цих похідних речовин з «порожнечею»).

Примітки

Похідні ресурсні речовини одержують зміною агрегатного стану наявних ресурсних речовин. Якщо, наприклад, ресурсна речовина рідина, до похідних відносяться лід і пара. Похідними вважаються і продукти розкладання ресурсних речовин. Так, для води похідними будуть водень і кисень. Для багатокомпонентних речовин похідні – їхні компоненти.

Правило 8. Якщо для вирішення задачі потрібні частки речовини (наприклад, іони) і безпосереднє їхнє одержання неможливе

за умовами задачі, необхідні частки треба одержувати руйнуванням речовини більш високого структурного рівня (наприклад, молекул).

Правило 9. Якщо для вирішення задачі потрібні частки речовини (наприклад, молекул) і неможливо одержати їх безпосередньо чи за правилом 8, необхідні частки треба одержувати добуванням чи об'єднанням часток більш низького структурного рівня (наприклад, іонів).

Правило 10. При застосуванні правила 8 найпростіший шлях – руйнування найближчого «цілого», що стоїть вище, чи «надлишкового» (негативні іони) рівня, а при застосуванні правила 9 найпростіший шлях – добування найближчого «нецілого» рівня, що стоїть нижче.

Примітки

Речовина являє собою багаторівневу ієрархічну систему. З достатньою для практичних цілей точністю ієрархію рівнів можна уявити так:

- мінімальна оброблена речовина (найпростіша техноречовина, наприклад дріт);
- «надмолекули»: кристалічні ґратки, полімери, асоціації молекул;
- складні молекули;
- молекули;
- частини молекул, групи атомів;
- атоми;
- частини атомів;
- елементарні частки;
- поля.

Суть правила 8: нову речовину можна одержувати обхідним шляхом – руйнуванням більш великих структур ресурсних речовин чи таких речовин, що можуть бути уведені у систему.

Суть правила 9: можливий і інший шлях – добування менш великих структур.

Суть правила 10: руйнувати вигідніше «цілі» частки (молекули, атоми), оскільки нецілі частки (позитивні іони) уже частково зруйновані і опираються подальшому руйнуванню; добувати, навпаки, вигідніше нецілі частки, що прагнуть до відновлення.

Правила 8–10 вказують ефективні шляхи одержання похідних ресурсних речовин з «надр» уже наявних речовин, чи тих, що легко

уводяться. Правила наводять на фізеефект, необхідний у тому чи іншому конкретному випадку.

4.6 Визначити, чи вирішується задача введенням – замість речовини – електричного поля чи взаємодії двох електричних полів.

Приклад

Відомий спосіб розриву труб скручуванням (а. с. 182671). При скручуванні труби доводиться механічно стискати, це викликає їїхню деформацію. Запропоновано збуджувати крутний момент у самій трубі – за рахунок електродинамічних сил (а. с. 342759).

Примітки

Якщо використання ресурсних речовин – наявних і похідних – неприпустиме за умовами задачі, треба використовувати електрони. Електрони – «речовина», що завжди є в наявному об'єкті. До того ж електрони – речовина в сполученні з полем, це забезпечує високу керованість.

4.7. Визначити, чи вирішується задача застосуванням пари «поле – добавка речовини, що відзивається на поле», (наприклад «магнітне поле – ферроречовина», «ультрафіолет – люмінофор», «теплове поле – метал з пам'яттю форми» і т. ін.).

Примітки

На кроці 2.3 розглянуті вже наявні РПР. Кроки 4.3–4.5 відносяться до РПР, похідних від наявних. Крок 4.6 – частковий відхід від наявних і похідних РПР: уводять «сторонні» поля.

Вирішення міні-задачі тим ідеальніше, чим менше витрати РПР. Однак не кожна задача вирішується при малій витраті РПР. Іноді доводиться відступати, уводячи «сторонні» речовини і поля. Робити це треба тільки при дійсній необхідності, якщо ніяк не можна обійтися наявними РПР.

Частина 5. Застосування інформфонда

У багатьох випадках четверта частина АВВЗ приводить до вирішення задачі. У таких випадках можна переходити до сьомої частини. Якщо ж після 4.7 відповіді немає, треба пройти п'яту частину. Ціль п'ятої частини АВВЗ – використання досвіду, сконцентрованого в інформаційному фонді ТВВЗ. До моменту введення в п'яту частину АВВЗ задача істотно прояснюється – стає можливим її пряме вирішування за допомогою інформаційного фонду.

5.1. Розглянути можливість вирішення задачі (у формулюванні ІКР-2 і з урахуванням РПР, уточнених у четвертій частині) за стандартами.

Примітки

Повернення до стандартів відбувається, по суті, уже на кроках 4.6 і 4.7. До цих кроків головною ідеєю було використання наявних РПР – за можливістю, уникаючи введення нових речовин і полів. Якщо задачу не вдається вирішити в рамках наявних і похідних РПР, доводиться вводити нові речовини і поля. Більшість стандартів саме і відносяться до техніки введення добавок.

5.2. Розглянути можливість вирішення задачі (у формулюванні ІКР-2 і з урахуванням РПР, уточнених у четвертій частині) за аналогією з ще нестандартними задачами, раніше вирішеними за АВВЗ.

Примітки

При нескінченному різноманітті винахідницьких задач кількість фізичних протиріч, на яких «тримаються» ці задачі, порівняно невелика. Тому значна частина задач вирішується за аналогією з іншими задачами, що містять аналогічне фізпротиріччя. Зовні задачі можуть бути дуже різними, аналогія виявляється тільки після аналізу – на рівні фізичного протиріччя.

5.3. Розглянути можливість усунення фізичного протиріччя за допомогою типових перетворень (таблиця «Розв’язування фізичних протиріч»).

Правило 11. Придатні тільки ті рішення, що збігаються з ІКР чи практично близькі до нього.

5.4. Застосування «Покажчика фізичних ефектів». Розглянути можливість усунення фізичного протиріччя за допомогою «Покажчика застосування фізичних ефектів і явищ».

Примітки

Розділи «Покажчика застосування фізичних ефектів і явищ» опубліковані в журналі «Техніка і наука» (№1–9 за 1981 р., №3–8 за 1982 р.).

Частина 6. Зміна чи заміна задачі

Прості задачі вирішуються буквальним подоланням ФП, наприклад поділом суперечливих властивостей у часі чи в просторі. Рішення складних задач звичайно пов’язане зі зміною змісту задачі – зняттям первісних обмежень, обумовлених психологічною інерцією і

які до вирішення здаються самоочевидними. Для правильного розуміння задачі необхідно її спочатку вирішувати: винахідницькі задачі не можуть бути відразу поставлені точно. Процес вирішення, по суті, є процес коректування задачі.

6.1. Якщо задача вирішена, перейти від фізичної відповіді до технічної: сформулювати спосіб і дати принципову схему пристрою, що здійснює цей спосіб.

6.2. Якщо відповіді немає, перевірити – чи не є формулювання 1.1 сполученням декількох різних задач. У цьому випадку слід змінити 1.1, виділивши окремі задачі для почергового вирішення (звичайно досить вирішити одну головну задачу).

6.3. Якщо відповіді немає, змінити задачу, вибравши на кроці 1.4 інше ТП.

Приклад

При вирішенні задач на вимір і виявлення вибір іншого ТП часто означає відмову від удосконалення вимірювальної частини і зміну всієї системи так, щоб необхідність у вимірі взагалі відпала. Характерний приклад – вирішення задачі про послідовне перекачування нафтопродуктів одним нафтопроводом. При застосуванні рідкого роздільника чи при прямому (без роздільника) транспортуванні завдання полягає в можливо більш точному контролі за складом «стикових» ділянок нафтопродуктів, що перекачуються. Ця вимірювальна задача була перетворена в «змінену»: як взагалі уникнути змішування нафтопродуктів з розділовою рідиною? Рішення: нехай рідини безконтрольно змішуються, але на кінцевому пункті рідина-роздільник повинна сама перетворюватися в газ і йти з резервуара.

6.4. Якщо відповіді немає, повернутися до кроку 1.1 і заново сформулювати міні-задачу, віднесши її до надсистеми. При необхідності таке повернення роблять кілька разів – з переходом до надсистеми і т. ін.

Частина 7. Аналіз способу усунення ФП

Головна мета сьомої частини АВВЗ – перевірка якості отриманої відповіді. Фізичне протиріччя повинне бути усунуте майже ідеально, «без нічого». Краще витратити дві-три години на одержання

нової – сильнішої відповіді, ніж потім півжиття боротися за погано впроваджувану слабку ідею.

7.1. Контроль відповіді

Розглянути речовини, що уводяться, і поля. Чи можна не уводити нові речовини і поля, використовуючи РПР – наявні і похідні? Чи можна використовувати саморегульовані речовини? Увести відповідні виправлення в технічну відповідь.

Примітки

Саморегульовані (в умовах даної задачі) речовини – це такі речовини, що певним чином змінюють свої фізичні параметри при зміні зовнішніх умов, наприклад втрачають магнітні властивості при нагріванні вище точки Кюрі. Застосування саморегульованих речовин дозволяє змінювати стан системи чи проводити в ній виміри без додаткових пристроїв.

7.2. Провести попередню оцінку отриманого рішення.

Контрольні питання:

а) чи забезпечує отримане рішення виконання головної вимоги ІКР-1 («Елемент сам...»);

б) яке фізичне протиріччя усунуте (і чи усунуте) отриманим рішенням;

в) чи містить отримана система хоча б один добре керований елемент? Який саме? Як здійснювати керування;

г) чи годиться рішення, знайдене для «одноциклової» моделі задачі в реальних умовах з багатьма циклами?

Якщо отримане рішення не задовольняє хоча б одне з контрольних питань, повернутися до 1.1

7.3. Перевірити (за патентними даними) формальну новизну отриманого рішення.

7.4. Які підзадачі виникнуть при технічній розробці отриманої ідеї? Записати можливі підзадачі – винахідницькі, конструкторські, розрахункові, організаційні.

Частина 8. Застосування отриманої відповіді

Дійсно гарна ідея не тільки вирішує конкретну задачу, але і дає універсальний ключ до багатьох аналогічних задач. Сьома частина АВВЗ має на меті максимальне використання ресурсів знайденої ідеї.

8.1. Визначити, як повинна бути змінена надсистема, у яку входить змінена система.

8.2. Перевірити, чи може змінена система (чи надсистема) застосовуватися по-новому?

8.3. Використовувати отриману відповідь при вирішенні інших технічних задач:

а) сформулювати в узагальненому вигляді отриманий принцип вирішення;

б) розглянути можливість прямого застосування отриманого принципу при вирішенні інших задач;

в) розглянути можливість використання принципу, зворотного отриманому;

г) побудувати морфологічну таблицю, наприклад, типу «розташування частин – агрегатні стани виробу» чи «використані поля – агрегатні стани зовнішнього середовища» і розглянути можливі перебудови відповіді за позиціями цих таблиць;

д) розглянути зміну знайденого принципу при зміні розмірів системи (чи головних її частин): розміри прагнуть до нуля, розміри прагнуть до нескінченності.

Примітки

Якщо робота ведеться не тільки заради вирішення конкретної технічної задачі, ретельне виконання кроків 8.3, а)–д) може стати початком розробки загальної теорії, що виходить з отриманого принципу.

Частина 9. Аналіз ходу вирішування

Кожна вирішена за АBB3 задача повинна підвищувати творчий потенціал людини. Але для цього необхідно ретельно проаналізувати хід вирішення. У цьому зміст дев'ятої – завершальної – частини АBB3.

9.1. Порівняти реальний хід вирішення даної задачі з теоретичним (за АBB3). Якщо є відхилення, записати.

9.2. Порівняти отриману відповідь з даними інформаційного фонду ТВВ3 (стандарти, прийоми, фізфефекти). Якщо в інформаційному фонді немає подібного принципу, записати його в попередній накопичувач.

Увага! АBB3 постійно удосконалюється і тому має потребу в припливі нових ідей. Але ідеї повинні бути спочатку дуже ретельно перевірені.

Будь-яку пропозицію бажано спочатку випробувати поза АВВЗ (так було, наприклад, з методом ММЧ). Після уведення до АВВЗ кожна зміна повинна бути випробувана розбором як мінімум 20–25 досить важких задач.