

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний факультет
Кафедра "Прикладна гідроаеромеханіка"

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з курсу “Історія інженерної діяльності”
для студентів напрямку
0902 “Інженерна механіка”
всіх форм навчання

Суми Вид-во СумДУ 2004

Конспект лекцій з курсу “Історія інженерної діяльності” / Укладачі:
Ю.Я. Ткачук, С.В.Сапожніков. – Суми: Вид-во СумДУ, 2004. – 57 с.

Кафедра “Прикладна гідроаеромеханіка”

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	5
1 ВСТУП В ІСТОРІЮ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	5
1.1 Предмет і завдання курсу. Інженер і інженерна діяльність	5
1.2 Інженерне мислення. Творча особистість і творчий колектив	6
1.3 Основні етапи розвитку науки і техніки	8
2 ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ І ЇХ РОЗВИТОК.....	10
2.1 Історія виникнення технічних систем	10
2.2 Зміна в часі параметрів технічних систем	10
2.3 Основні закони розвитку технічних систем за Альтшуллером	12
3 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РОЗВ'ЯЗАНЬ.....	14
3.1 Евристика і асоціативні методи пошуку нових технічних розв'язань.....	14
3.2 Мозковий штурм і синектика	15
3.3 Морфологічний аналіз і метод контрольних питань	17
4 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТЕОРІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ.....	19
4.1 Теорія розв'язання винахідницьких задач	19
4.2 Алгоритм розв'язання винахідницьких задач	22
4.3 Порівняння різних методів пошуку нових технічних розв'язань	25
5 ПРИНЦИПИ ВИРІШЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СУПЕРЕЧНОСТЕЙ	28
5.1 Фізичні, хімічні, математичні ефекти і фонд технічних розв'язань.....	28
5.2 Евристичні прийоми вирішення технічних суперечностей.....	30
5.3 Типові прийоми АРВЗ вирішення (усунення) технічних суперечностей	32
6 РЕЧОВИННО-ПОЛЬОВИЙ АНАЛІЗ.....	34
6.1 Основні визначення речовинно-польового аналізу	34
6.2 Структурні формули реполів.....	35
6.3 Основні правила перетворення речовинно-польових систем.....	37
7 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ	40

7.1 Основні визначення функціонально-вартісного аналізу	40
7.2 Види функцій об'єкта	42
7.3 Основні етапи функціонально-вартісного аналізу	43
8 ІСТОРІЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ	45
8.1 Типи творчості	45
8.2 Класифікація винахідницьких задач за їх новизною	46
8.3 Теорія розвитку творчої особистості (ТРТО)	47
9 НАСЛІДКИ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	49
9.1 Моральність і науково-технічний прогрес	49
9.2 Руйнуючий вплив інженерної діяльності на природу	50
9.3 Етика інженерної діяльності	52
10 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ У ПРОМИСЛОВО-РОЗВИНЕНИХ КРАЇНАХ	53
10.1 Інженерна діяльність в індустріальному суспільстві	53
10.2 Інженерна діяльність у постіндустріальному суспільстві	54
10.3 Інженерна діяльність в інформаційному суспільстві	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

Інженерна діяльність має багату на події і факти історію і тісно пов'язана з поступальним рухом розвитку людського суспільства.

Власне, інженерна діяльність як різновид людської діяльності взагалі виникла разом з появою машинного виробництва й остаточно сформулювалася як специфічна діяльність з появою розвинутих капіталістичних відносин.

Зародження інженерної діяльності бере свій початок в період античності. Прообрази водяного насоса створені Архімедом, основи атомістичної теорії - Демокритом, прообраз парової турбіни створив Герон Олександрійський і т.д. Завдяки генію Леонардо да Вінчі і його послідовників у епоху Відродження був заново переосмислений античний досвід інженерної діяльності і внесені істотні корективи у визначення технічної творчості. Можна вважати, що до кінця 17-го століття вже сформувалася визначена думка про інженерну діяльність як діяльність насамперед творчу, з особливим, "інженерним", типом мислення.

Студенти, що навчаються за бакалаврськими планами "Інженерної механіки", повинні знати не тільки назви окремих інженерних досягнень попередніх поколінь, але і вникнути глибоко в їх суть. З цією метою докладно, наскільки дозволяє обсяг даного посібника, розглянуті різні прийоми пошуку нових технічних рішень, у тому числі теорія розв'язання винахідницьких задач (ТРВЗ), алгоритм розв'язання винахідницьких задач (АРВЗ), а також речовинно-польовий (РПА) і функціонально-вартісний аналізи (ФВА).

1 ВСТУП В ІСТОРІЮ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Предмет і завдання курсу. Інженер і інженерна діяльність

Предметом курсу є історія науки і техніки, основні етапи процесу створення машин, виникнення інженерної діяльності.

Завданням курсу є забезпечення чіткого і цілісного уявлення у слухачів про інженерну діяльність, історію її виникнення, основні етапи її розвитку, формування інженерного типу мислення.

Слово "інженер" (французьке *ingenieur*) походить від латинського кореня *ingeniare*, що означає "творити", "створювати", "впроваджувати". Сьогодні інженером вважають фахівця з вищою технічною освітою, який застосовує наукові знання для розв'язання технічних задач, керування процесом створення технічних систем, проектування, організації виробництва, впровадження в нього науково-технічних нововведень.

Інженерів поділяють на три основні категорії:

- виробничник (технолог, організатор виробництва, експлуатаційник);

- дослідник-розроблювач - поєднує в собі функції винахідника, проектувальника, конструктора, бере участь у процесі поєднання науки з виробництвом;

- системотехнік - "універсаліст", інженер широкого профілю, завдання якого - організація і управління інженерною діяльністю, створення складних технічних систем.

Інженерна діяльність - це діяльність, спрямована на застосування наукових знань для створення технічних об'єктів - споруд, механізмів, пристроїв, машин, а також керування процесом їх виготовлення. Історично інженерна діяльність виникла одночасно з виникненням ремісничого виробництва, а в період становлення капіталізму перетворилася в особливу професійну діяльність, орієнтовану на застосування в технічній практиці наукових знань.

Сьогодні при створенні складних технічних систем залучають інженерів різних профілів - виробничників, дослідників і системотехніків.

1.2 Інженерне мислення. Творча особистість і творчий колектив

Інженерне мислення - це особливий вид пізнавальної діяльності, спрямованої на дослідження, створення і експлуатацію нової високопродуктивної і надійної техніки, прогресивної технології, автоматизації і механізації виробництва, підвищення якості продукції.

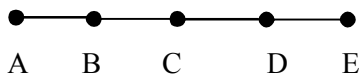
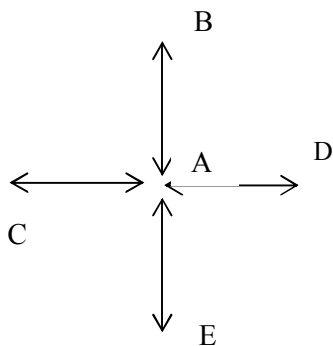
Інженерне мислення базується на методах кібернетики, інформатики, системотехніки, розумовому експерименті,

моделюванні за допомогою електронно-обчислювальної машини, специфічних мовах математики, логіки, інженерної графіки, санітарно-технічних нормах, правилах і стандартах.

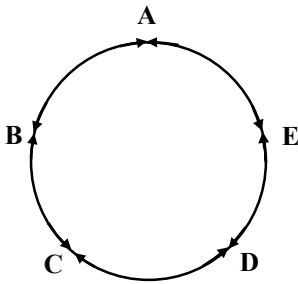
Оскільки інженер - творець нового в техніці, творець техніки, то і інженерне мислення - творче. Творчість - це діяльність особистості з поставленням чи вибором завдання, пошуком умов і способу його вирішення і створення нового. Задатки творчих здібностей властиві будь-якій людині, потрібно лише зуміти їх розкрити і розвинути. Прикладом розвитку творчих здібностей може бути життя геніального американського винахідника Т.А. Едісона, якого в дитинстві вважали розумово відсталим.

Науково-технічна творчість сьогодні стала сферою колективної діяльності, тобто окремі творчі особистості працюють спільно. При цьому один із них виконує роль генератора ідей, інший - роль критика цих ідей, третій - роль організатора робіт, четвертий - виконавця і т.д. Створення працездатного творчого колективу - складне завдання. Вважається, що кількість співробітників не повинна перевищувати 20 чоловік. Для вирішення творчих технічних завдань організують також малі творчі групи (до 10 чоловік) таких структур (точна формула "магічного числа" або "золотого числа менеджменту" (як говорять психологи): 7 плюс-мінус 2):

1) незамкнений ланцюг;

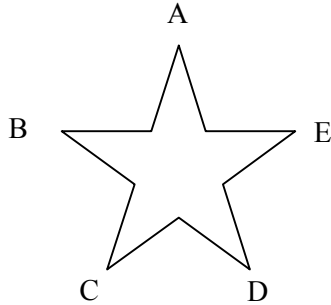


2) зірка або хрест;



3) коло;

4) взаємозалежна мережа або зіркова діаграма



Незамкнутий ланцюг характеризується поділом творчого процесу на окремі кроки, малоефективний. Зірка або хрест - паралельне розв'язання однієї задачі і передача результатів керівнику. Коло - послідовне розв'язання окремих частин задачі (наприклад, розв'язання ведеться послідовно різними фахівцями). Взаємозалежна мережа або зіркова діаграма - вільний обмін думками, досвідом.

1.3 Основні етапи розвитку науки і техніки

Наука - це систематизоване знання об'єктів будь-якої природи, а також будь-який вид діяльності щодо досягнення такого знання.

Техніка - це сукупність механізмів і машин, а також систем і засобів керування для видобутку, збереження і переробки речовини, енергії й інформації.

Наука і техніка розвиваються, взаємно збагачуючи і доповнюючи одна одну, і забезпечують сучасний науково-технічний прогрес, під яким розуміють взаємозалежний поступальний розвиток науки і техніки, що виявляється, з одного боку, у

постійному впливі наукових відкриттів і винаходів на рівень техніки і технології, з іншого - у застосуванні новітніх приладів і устаткування в наукових дослідженнях.

Розвиток науки і техніки йде від простого до складного. Наука розвивається від простого умовиводу до використання автоматизованих систем пошуку розв'язків за допомогою ЕОМ. Розвиток техніки йде від простих знарядь праці до складних автоматизованих комплексів. І в науці, і в техніці простежується тенденція передачі функцій людини машині-автомату.

У розвитку науки і техніки можна виділити чотири етапи.

Перший етап (з найдавніших часів до 12-го століття нової ери). У цей період були створені прості механізми на основі важелів, мотузкових передач із блоками, з використанням енергії вогню, води, пари, вітру, а також мускулів людини і тварин. Архімед запропонував шнековий водяний насос, Герон - примітивну парову машину для відкривання воріт храму, Арістотель запропонував модель Сонячної системи, а Демокріт - атомістичну теорію будови речовини.

Другий етап (12-18-те століття нової ери) – середньовічний. На цьому етапі використовувалися, крім важелів, шестерні, кулачки, пружини, що дозволило створювати складні механізми: годинники, автоматичні ляльки і т.д. Науку просували вперед – Ньютон, Демокріт, Коперник та ін.

Третій етап (18-20-те століття нової ери) – новий час. Сформульовано закони електрики і створені машини з їх використанням. Внесок у розвиток науки зробили: Ейнштейн, Менделєєв, Кірхгоф, Максвел та ін.

Четвертий етап (середина 20-го століття - сучасний час) – новітній час. Створено електронно-обчислювальні машини та інші пристрої на електронних елементах. Створені промислові роботи, супутники, атомні електростанції, авіація, телебачення, Internet та інше.

2 ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ І ЇХ РОЗВИТОК

2.1 Історія виникнення технічних систем

Увесь шлях розвитку знарядь праці в історичному аспекті можна подати як поетапне удосконалення і розширення їхніх функцій, що хронологічно збігається з еволюційними перетвореннями людського суспільства. Це шлях від кам'яної сокири первісного суспільства до комп'ютеризованих технічних систем нашої сучасності.

Першими засобами впливу на предмети праці були органи тіла людини під час добування й обробки їжі, риття ям, кладки стін з каменів. Потім людина "подовжила", "підсилила" свої органи тіла, використовуючи випадкові природні предмети. При будівництві свого житла людина почала використовувати гілки, шкіру, кістки, камені. Після цього людина стала спеціально підшукувати гострі палиці, камені для виконання широкого класу функцій. Пізніше і сама стала обробляти, заточувати, загострювати їх. Наступний етап – виготовлення ножів, скребків, свердел, посуду. Почалося прискорення спеціалізації знарядь праці. З цього моменту можна відраховувати час існування техніки. Настав унікальний період в історії людства, він властивий тільки людині розумній: людина навчилася використовувати і видобувати вогонь, однак знаряддя праці були в зародковому стані. Потім з'явилися інструменти: спочатку з цільного шматка (кременієві ножі, різці, кістяні голки і т.п.), потім - складені з двох частин: робочого органу і рукоятки (трансмисії) - сокира, спис з наконечником. Потім відбувся перехід до технічних систем, тобто до робочого органу з трансмісією додали спочатку двигун, а потім і орган керування.

Перші технічні системи – млин, лук, віз, годинник, ваги.

2.2 Зміна в часі параметрів технічних систем

Технічна система - це сукупність упорядковано взаємодіючих елементів, що мають властивості, які не зводяться до властивостей окремих елементів, яка призначена для виконання визначених корисних функцій.

Таким чином, технічна система має чотири ознаки.

1 Система складається з частин, елементів, тобто має структуру.

2 Система створюється для виконання корисних функцій.

3 Елементи системи зв'язані між собою певним чином, організовані в просторі та часі.

4 Властивості системи не дорівнюють простій сумі властивостей її елементів.

Коротко ознаками системи називають: функціональність, цілісність структури, організацію, системність. Відсутність хоча б однієї ознаки не дозволяє вважати об'єкт технічною системою.

Технічні системи – це, власне кажучи, інструменти з двигуном. У технічних системах можна виділити п'ять основних частин.

1 Робочий орган (РО).

2 Трансмсія (Тр).

3 Двигун (Дв).

4 Орган керування (ОК).

5 Джерело енергії (ДЕ).

Технічні системи удосконалюються, розвиваючись у часі. Розвиток технічних систем описується так званою S-подібною кривою. По осі ординат відкладають основний параметр (показник) системи (ККД, швидкість, потужність і т.д.), по осі абсцис - час. На першому етапі відбувається зародження системи (крива АВ, рис.2.1), повільне зростання її основного параметра, вона ніби "набирає силу".

Другий етап (крива ВС) - від початку практичного застосування до вичерпання фізичного принципу, який покладений в основу роботи системи. На цьому етапі розвиток системи відбувається стрімкими темпами. Цей етап характеризується масовим застосуванням технічної системи. Крім поліпшення основного параметра (головної функції), поліпшуються й інші параметри (другорядні функції). На останньому етапі (крива СД) відбувається поступове уповільнення темпів зростання до повного вичерпання, покладеного в систему фізичного принципу. Після цього система або належить до складу надсистеми і продовжує свій

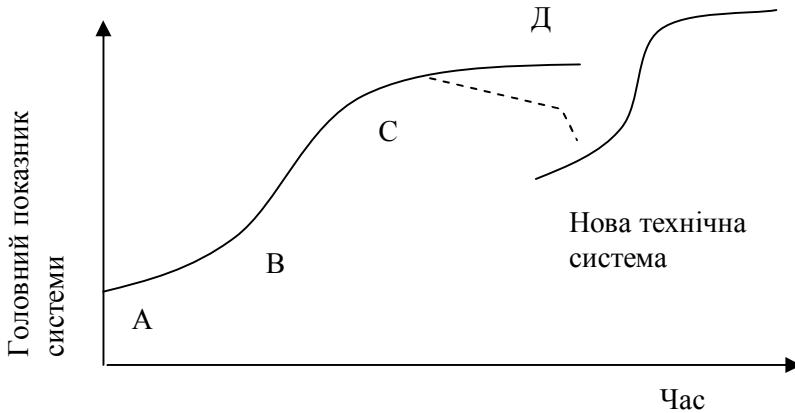


Рисунок 2.1 - Розвиток технічних систем

А - В – “дитинство”; В - С – “зрілість”; С-Д – “старість”

розвиток, або замінюється на нову, більш ефективну, що працює за іншим принципом або довгий час зберігає свої параметри.

2.3 Основні закони розвитку технічних систем за Альтшуллером

Аналіз S-подібних кривих для різних технічних систем дозволив Генріху Сауловичу Альтшуллеру в 1979 році сформулювати основні закони розвитку технічних систем: статичні (які визначають початок життя технічної системи), кінематичні (які визначають їх розвиток) і динамічні (які визначають головні тенденції її розвитку сьогодні) технічних систем.

Закони статичні технічних систем

1 Закон повноти частин системи стверджує, що необхідною умовою життєздатності системи є наявність і мінімальна здатність основних частин технічної системи. Тобто технічна система повинна містити в собі двигун, трансмісію, орган керування і робочий орган.

2 Закон "енергетичної провідності" системи стверджує, що система життєздатна тільки тоді, коли є наскрізний прохід енергії по всіх її частинах - від двигуна через трансмісію до робочого органу. Будь-яка технічна система - це перетворювач енергії.

3 Закон узгодження ритміки вимагає погодженості або свідомої непогодженості частоти коливань (періодичності роботи) всіх частин технічної системи.

Закони кінематики технічних систем

4 Закон збільшення ступеня ідеальності стверджує, що технічні системи розвиваються в напрямку збільшення ступеня ідеальності.

5 Закон нерівномірності розвитку частин технічної системи стверджує, що нерівномірний розвиток частин системи призводить до виникнення технічних суперечностей у системі.

6 Закон переходу в надсистему стверджує, що, вичерпавши свої можливості розвитку, система переходить до надсистеми як одна з частин, і подальший розвиток іде на новому рівні (наприклад, двигун – система, літак – надсистема).

Закони динаміки технічних систем

7 Закон динамізації технічних систем стверджує, що технічні системи повинні переходити до більш гнучкої, швидкозмінної структури і до режиму роботи, що пристосований до змін зовнішнього середовища.

8 Закон переходу з макрорівня на мікрорівень стверджує, що системи розвиваються спочатку на макро-, а потім на мікрорівні, тобто замість "заліза" робота здійснюється молекулами, іонами, електронами і т.д.

9 Закон збільшення ступеня репольності систем стверджує, що системи розвиваються в напрямку збільшення ступеня репольності: нерепольні системи прагнуть стати репольними, а в репольних системах розвиток відбувається шляхом збільшення кількості зв'язків між елементами, підвищення чутливості елементів, збільшення кількості елементів. (реполь - найпростіша модель системи, утворюється від слів "речовина" + "поле"). Наприклад: виріб (P_1), інструмент (P_2) і енергія поля (Π).

Висновок. Процес розвитку техніки – це рівнодіюча свідомої людської діяльності, а людина діє відповідно до об'єктивних законів світу (навіть якщо і не здогадується про це), тобто розвиток техніки йде об'єктивно і закономірно. Отже, ці закони можна пізнати і цілеспрямовано використовувати. Це аксіома (постулат, основний

принцип, головна ідея), що покладена в основу теорії розвитку технічних систем.

3 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РОЗВ'ЯЗАНЬ

3.1 Евристика і асоціативні методи пошуку нових технічних розв'язань

Евристика - це наука про продуктивне творче мислення. Евристика з'явилася в далекій давнині. Основу науки про мислення заклав давньогрецький філософ Арістотель (IV століття до нової ери). Він створив логіку – науку про способи мислення, що приводять до істини. Евристику створили - Архімед, Геракліт, Сократ й інші давньогрецькі вчені. Пізніше математик Лейбніц запропонував ідею універсальної програми алгоритмічного розв'язання творчих задач. Німецький вчений Вольф дав визначення евристики як науки і запропонував ряд правил і методів "мистецтва винахідництва".

Усі ці ідеї залишалися практично не використаними, тому що потреби в них у суспільстві ще не виникло. Інтерес до технічної творчості з'явився одночасно з виникненням капіталістичного способу виробництва та інженерної діяльності. Були винайдені наукові методи пошуку нових технічних рішень. У 1926 р. був розроблений метод каталогу, що базується на пошуку ідеї розв'язку за допомогою випадкових асоціацій. Автор цього методу - професор Берлінського університету Ф. Кунце. Для розв'язання задачі цим методом з книги чи каталогу навмання вибираються будь-які слова і "стикуються" з вихідним словом - назвою прототипу. Ідея тут дуже проста: для того щоб побачити нове в звичній системі, необхідно подумки наділити її властивостями випадково вибраного об'єкта.

Метод каталогу був удосконалений американським винахідником Ч. Вайтінгом у 1953 році і одержав назву методу фокальних об'єктів. Сутність методу полягає в перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на об'єкт, що удосконалюється, який ніби лежить у фокусі перенесення. Наприклад, фокальний об'єкт - годинник.

Беремо навмання зі словника, книги чи каталогу слово "кіно". Потім складаємо перелік випадкових об'єктів - кіно широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне. Генеруємо нові ідеї шляхом приєднання ознак кіно до фокального об'єкта - годинник: широкоекранний годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник, кольоровий годинник і т.д. Цей метод широко використовується для випуску товарів народного споживання, для вирішення завдань реклами.

Метод фокальних об'єктів удосконалив ризький винахідник Г. Буш у 1974 році і назвав новий метод - методом гірлянд випадковостей і асоціацій. Цей метод дозволяє знайти велику кількість підказок при пошуку нових ідей. Наприклад: "стілець" і синонім (гірлянда): крісло, табурет, пуф, лавка. Гірлянда з випадкових слів: електролампа, решітки, кишеня. Одержуємо: стілець з електролампю.

Усього розроблено 33 асоціативних методів пошуку технічних рішень.

3.2 Мозковий штурм і синектика

Мозковий штурм, або мозкова атака, був запропонований американським винахідником А. Осборном у 1939 р. Модифікації методу: групове розв'язання задачі, конференція ідей, масова мозкова атака.

Як правило, висувуються ідеї, що здаються найбільш очевидними. Але якщо проблема мала б очевидне вирішення, воно давно було б знайдене. Потрібні зухвалі, "божевільні" ідеї, котрі не "лежать на поверхні". Виникає суперечність: критики не повинно бути, щоб фахівці не боялися висувати сміливі ідеї, і критика повинна бути, щоб відсівати неробочі варіанти. Осборн розділив процеси генерації ідей і критики на два етапи. На першому етапі, коли в ході мозкового штурму йде генерація ідей, критика заборонена, на другому етапі, коли йде обговорення висловлених ідей - критика обов'язкова.

Тому суть методу подальшого пошуку нових ідей складається з двох етапів.

1 Генерація ідей.

2 Відбір ідей, тобто критика "невідповідних ідей".

У мозковому штурмі беруть участь дві групи людей по 5-7 чоловік, іноді більше. Перша група – генератори ідей, схильні до абстрагування і фантазії, друга група - критики з аналітичним складом розуму. Штурм продовжується 20-40 хвилин, обговорення і відбір нових ідей - набагато довше. Звичайно, мозковий штурм дає хороші результати при вирішенні організаційних завдань, гірші - при розв'язанні технічних задач (особливо коли потрібно розглянути тисячі варіантів).

Всім чоловік може генерувати 50-60 пропозицій, з них 1-2 хороші ідеї.

Корисно може бути використаний зворотний мозковий штурм, який не забороняє критику, а навпаки, дозволяє тільки критичні зауваження, змушує відшукати якнайбільше недоліків в ідеї, конструкції. Він застосовується, коли який-небудь вузол, деталь здаються занадто "благополучними", тобто не мають недоліків.

Мозковий штурм дозволяє "розгальмувати" людей, уникнути звичних асоціацій.

Подальшим удосконаленням мозкового штурму є синектика, запропонована американським винахідником В.Дж. Гордоном у 1952 році. У перекладі з грецького "синектика" означає з'єднання різнорідних елементів. "Нові технічні ідеї" генеруються на синектичних засіданнях членами постійних груп з 5-7 чоловік різних спеціальностей, яких попередньо навчають прийомам розв'язання винахідницьких задач. Веде засідання професіонал, який має великий досвід роботи. Робота синектика внаслідок своєї інтенсивності негативно впливає на нервову систему. Тому зазвичай людина витримує 5-6 років. Навчання синектика відбувається тільки на практиці. Висувати нові ідеї і відразу їх критикувати не заборонено. Можна ігнорувати фізичні закони. Члени групи звикають до критики і перестають боятися висувати нові ідеї. У синектиці використовують чотири методи аналогій: пряму, особисту, символічну, фантастичну.

Пряма аналогія - це аналогія із системами і структурами, які існують в природі і техніці. Наприклад, вивчаючи спектр звуку дельфіна, розробили спосіб боротьби з багатопроміневістю в

системах зв'язку, що дозволяє поліпшити якість передачі інформації.

Особиста аналогія (емпатія, суб'єктивна аналогія) - це уявлення себе на місці об'єкта, який удосконалюється, або всередині нього. Наприклад, уявити себе підводним крилом "Метеора" або "Ракети", на якому схлопуються кавітаційні пухирці.

Символічна аналогія - це уявлення об'єкта в символічній, метафоричній формах. Наприклад, фонтан – текуча нерухомість, скло - невидима стіна. Тобто охопити суть двома словами, побачити предмет цілком.

Фантастична аналогія - це уявлення об'єкта у фантастичній, казковій формах. Наприклад: рюкзак, який не має ваги, парасолька, яка з'являється тільки в дощ.

3.3 Морфологічний аналіз і метод контрольних питань

Морфологічний аналіз розроблений у 1942 р. швейцарським астрофізиком Ф.Цвіккі, що у цей період був залучений до участі у розробленні ракет американською фірмою "Аероджет інженіринг корпорейшн". За короткий час Цвіккі вдалося одержати велику кількість оригінальних технічних рішень у ракетобудуванні.

Морфологічний аналіз поєднує кілька методів пошуку нових технічних розв'язань, головний з яких називається методом морфологічного ящика (карти, матриці).

Прообраз морфологічного ящика в XIII столітті створив іспанський учений, поет, дуелянт Р. Луллій. Його прилад складався з набору тонких концентричних дисків, що обертаються незалежно один відносно одного. Кожен диск поділяється на кілька секторів з написаними на них елементарними поняттями.

Сутністю морфологічного аналізу є охоплення усіх (чи хоча б найголовніших) варіантів структури об'єкта, який удосконалюється, з умовою виключення впливу випадковості.

Недоліки методу:

- велика кількість можливих комбінацій (якщо взяти 10 осей і на кожній по 10 варіантів, то можлива кількість комбінацій складе 10^{10});

- немає механізму для складання переліку всіх можливих варіантів (тобто немає гарантії виходу на найвигідніші економічні рішення);

- немає об'єктивних критеріїв відбору кращих варіантів: пропозиції оцінюються фахівцями, і вибирають вони, зрозуміло, те, що підказує їм здоровий глузд (тобто психологічна інерція). Генерування нетривіальних ідей зводиться нанівець тривіальним відбором.

"Сильне" розв'язання може "ховатися" серед мільйонів поганих і взагалі безглузких. Це різко знижує ефективність методу. У випадках, коли система нескладна і кількість комбінацій невелика, цей метод цілком застосовний, особливо коли розв'язок вже є, але його потрібно розгорнути, розглянути можливі варіанти реалізації.

Морфологічний аналіз проводять у такій послідовності:

- 1 Вибирається об'єкт.
- 2 Точно формулюють задачу, що підлягає розв'язанню.
- 3 Складають перелік усіх характеристик об'єкта.
- 4 Для кожної характеристики перелічують можливі варіанти.
- 5 Аналізують сполучення, що виникли.
- 6 Відбирають найкращі варіанти.

Аналіз зручно вести за допомогою багатовимірної таблиці – морфологічного ящика, – в якому вибрані характеристики відіграють роль основних осей.

Підвищити ефективність пошуку можна, заздалегідь сформулювавши питання, за допомогою методу контрольних питань. Складати переліки таких питань намагалися неодноразово. Є більш-менш вдалі - Ф.Осборна, Т.Ейлоарта, Д.Пойа.

Наприклад, перелік контрольних питань Ф.Осборна містить у собі 9 груп питань.

- 1 Яке нове застосування технічного об'єкта Ви можете запропонувати?
- 2 Чи можливе розв'язання винахідницької задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення?
- 3 Які модифікації технічного об'єкта можливі?
- 4 Що можна збільшити в технічному об'єкті? Що можна

приєднати?

- 5 Що можна в технічному об'єкті зменшити?
- 6 Що можна в технічному об'єкті замінити?
- 7 Що можна в технічному об'єкті перетворити?
- 8 Що можна в технічному об'єкті перевернути навпаки?
- 9 Які нові комбінації елементів технічного об'єкта можливі?

Кожна група містить у собі декілька підпитань. Так, у 7-й групі пропонується змінити послідовність операцій, швидкість, темп; замінити модель і т.д.

Найбільш відомі питання Ейлоарта. Їх суть: перелічити і змінити всі переваги передбачуваного винаходу, застосувати фантастичні, біологічні, економічні аналогії, спробувати різні види матеріалів і види енергії, довідатися думки дилетантів, влаштувати сумбурне групове обговорення, спробувати національне розв'язання: хитре шотландське, марнотратне американське, складне китайське і т.п.

Рекомендується спати з проблемою, гуляти, читати журнали.

Описані методи легко видозмінюються, їх можна комбінувати.

Висновок. Методи психологічної активізації творчої діяльності прості, їх можна швидко опанувати і використовувати на практиці, але користі від них небагато. Неефективність методів полягає в ігноруванні законів розвитку техніки. Працювати навіть за посиленням методом проб і помилок – це те саме, що при лікуванні хворого давати йому підряд усі ліки, що зберігаються в аптеці. Там, напевно, є потрібне, але поки його знайдуть, хворий може прийняти що-небудь таке, після чого і лікування стане непотрібним...

4 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТЕОРІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ

4.1 Теорія розв'язання винахідницьких задач

Використовуючи все найкраще у відомих методах пошуку нових технічних розв'язань, радянський винахідник Генріх Саулович Альтшуллер у 1946 р. почав розроблення теорії

розв'язання винахідницьких задач (ТРВЗ), і перша робота з ТРВЗ була опублікована ним у 1956 році.

ТРВЗ - це нова наука, спрямована на розроблення і застосування нових ефективних методів розв'язання творчих задач, генерації нових ідей і рішень у техніку та інші галузі людської діяльності.

Основне положення теорії розв'язання винахідницьких задач свідчить: технічні системи розвиваються за об'єктивними законами, які можна пізнати. Ці закони виявляються шляхом вивчення великих обсягів науково-технічної інформації та історії інженерної діяльності. У рамках ТРВЗ проаналізовані й відібрані найбільш доцільні підходи до пошуку нових технічних розв'язань, акумульований досвід сотень тисяч винахідників різних країн.

Основні функції ТРВЗ:

1 Розв'язування творчих і винахідницьких задач будь-якої складності і спрямованості без аналізу всіх варіантів.

2 Розв'язування наукових і дослідних задач.

3 Виявлення проблем, труднощів і задач при роботі технічних систем і при їх розвитку.

4 Виявлення та усунення причин браку й аварійних ситуацій.

5 Максимально ефективне використання ресурсів природи і техніки для вирішення багатьох проблем.

6 Прогнозування розвитку технічних систем і одержання перспективних розв'язань (у тому числі і принципово нових).

7 Об'єктивна оцінка розв'язань.

8 Систематизування знань в будь-яких галузях діяльності, що дозволяє значно ефективніше використовувати ці знання і на принципово новій основі розвивати конкретні науки.

9 Розвиток творчої уяви і мислення.

10 Розвиток якостей творчої особистості.

11 Розвиток творчих колективів.

На базі виявлених законів розвитку технічних систем у ТРВЗ розроблені конкретні інструменти пошуку нових технічних розв'язань:

1) алгоритм розв'язання винахідницьких задач (АРВЗ);

- 2) типові прийоми усунення (розв'язання) суперечностей;
- 3) методологія прогнозування розвитку технічних систем;
- 4) методологія прогнозування і запобігання (недопущення) різних небажаних явищ (диверсійний аналіз).

Переваги ТРВЗ:

- 1 Базою теорії є об'єктивні закони розвитку техніки.
- 2 Наявність різноманітних інструментів для різних типів задач.
- 3 Теорія відрізняється пристосованістю до різних типів задач.
- 4 Практична відпрацьованість теорії. Компанії, що спеціалізуються на застосуванні і розвитку ТРВЗ, працюють у США, Канаді, Німеччині, Англії, Франції, Швеції, Швейцарії, Голландії, Фінляндії, Італії, Ізраїлі, Чехії, Японії, Південній Кореї, Росії та інших країнах. Курс ТРВЗ викладається в ряді університетів Америки, Канади, Франції, Англії, Німеччини, Швейцарії, Ізраїлю, Японії, Росії.

Недоліки ТРВЗ:

- 1 Трудомісткість вивчення, необхідність постійних тренувань. Для оволодіння ТРВЗ необхідно докласти більше зусиль, ніж при вивченні будь-якої іншої науки. Ще більшої праці вимагає доведення застосування ТРВЗ до звички. Це вимагає систематичного її використання.
- 2 ТРВЗ допомагає розв'язувати поки що не всі класи задач.
- 3 Теорія не доводить ідею до конструктивного розв'язання (опрацювання). Для розв'язання задач ідея відповіді формулюється в загальному вигляді, наприклад: "нанести на поверхню деталі тонкий шар інертної речовини", "використовувати замість монолітного інструменту порошок". Подальші проблеми типу "яка саме речовина стійка в даному конкретному середовищі?", "як подрібнити речовину в порошок до потрібного стану?" перебувають поза компетенцією ТРВЗ і повинні вирішуватися суто інженерними методами.

Для ефективної роботи винахідника в ТРВЗ розроблене спеціальне інформаційне забезпечення:

1) таблиці і показники винахідницького застосування фізичних, хімічних, геометричних, біологічних і математичних ефектів і явищ;

2) набір психологічних операторів, що знижують психологічну інерцію, а також систему вправ з розвитку і тренування творчого мислення.

ТРВЗ не може замінити звичайні професійні знання, уміння, навички, технологію роботи фахівців, але ефективно доповнює їх. Професійні фахівці з ТРВЗ - "дослідники" вирішують творчі завдання в різних галузях техніки, науки, керування, прогнозування.

Сьогодні розроблені комп'ютерні програми, засновані на ТРВЗ, що забезпечують інтелектуальну допомогу інженерам і винахідникам при розв'язуванні технічних задач, а також для виявлення і прогнозування аварійних ситуацій і небажаних явищ.

На рис. 4.1 показана структурна схема ТРВЗ.

4.2 Алгоритм розв'язання винахідницьких задач

Спираючись на основні положення ТРВЗ, Альтшуллер у 1959р. почав розробляти методику програмного розв'язання технічних задач, яку він у 1965 році назвав АРВЗ (алгоритм розв'язання винахідницьких задач).

Для створення АРВЗ було проаналізовано приблизно 200 тисяч винаходів вищих рівнів.

АРВЗ заснований на навчанні про технічні суперечності. Процес розв'язання технічної задачі розглядається в АРВЗ як послідовність операцій з виявлення, уточнення і подолання технічних суперечностей і прагнення одержати ідеальний кінцевий результат (ІКР).

АРВЗ - це складний інструмент для розв'язання нестандартних задач.

Технічний об'єкт, який вдосконалюється, розглядається як цілісна система, що складається з підсистем і одночасно є частиною надсистеми. Перед розв'язуванням прямої задачі роблять пошук

задач у підсистемі (обхідні задачі) і вибирають найбільш прийнятний шлях.

Стратегія розв'язування винахідницької задачі за АРВЗ (рис.4.2) полягає в такому:

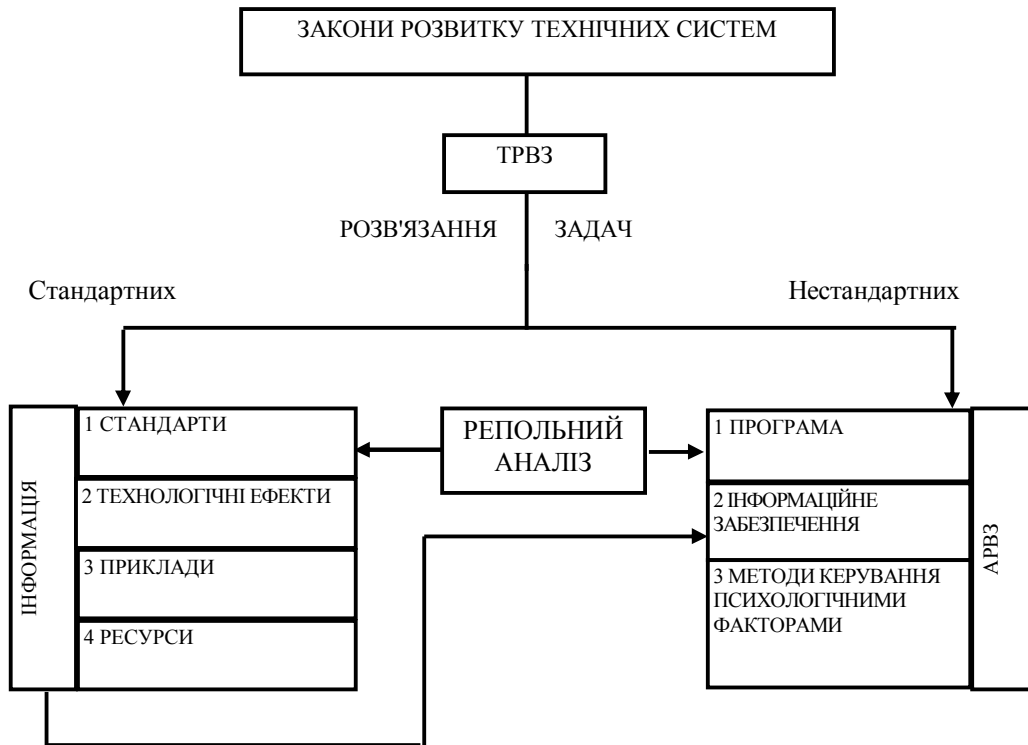


Рисунок 4.1 - Структурна схема ТРВЗ

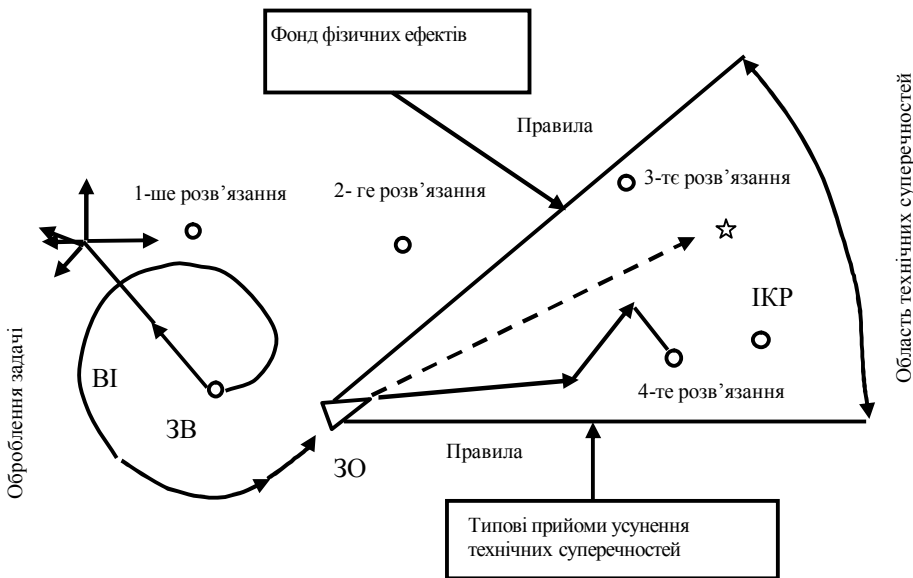


Рисунок 4.2 - Схема розв'язування винахідницької задачі за АРВЗ: ЗВ – вихідна задача; ВІ – вектор психологічної інерції; ЗО – опрацьована задача; ІКР – ідеальний кінцевий результат.

- 1 Формулюють вихідну задачу (ЗВ) у загальному вигляді.
- 2 Опрацьовують і уточнюють її з огляду на дію вектора психологічної інерції (ВІ) і технічні рішення в даній та інших сферах. АРВЗ передбачає операції щодо управління психологічними факторами. Основне призначення цих операцій - гасити психологічну інерцію і стимулювати роботу уяви. Враховують наявні ресурси, які можна використовувати при розв'язуванні задачі: ресурси простору, часу, речовини і полів.
- 3 Викладають умови задачі, що складаються з перелічення елементів технічної системи і небажаних ефектів, вироблених одним із елементів (опрацьована задача). Переходять від розпливчастої

винахідницької ситуації до чітко побудованої і гранично простої схеми (моделі) задачі.

4 Формулюють за визначеною схемою ІКР. Він є орієнтиром (маяком), у напрямку якого відбувається процес розв'язування задачі (при формулюванні ІКР не потрібно замислюватися над тим, як він буде досягнутий).

5 При порівнянні ІКР з реальним технічним об'єктом виявляється технічна суперечність, а потім її причина - фізична суперечність, що виникає через те, що намагаються поліпшити один параметр і при цьому неминуче погіршується інший. Наприклад, збільшення міцності конструкції призводить до збільшення її маси.

6 Виявлені фізичні суперечності усуваються за допомогою відносно невеликого розгляду варіантів. Наприклад, розділити суперечності у просторі чи за часом. Саме вирішення фізичних суперечностей необхідно і досить для усунення конфлікту, через який виникла задача.

В АРВЗ-85 – 40 кроків і 71 правило.

4.3 Порівняння різних методів пошуку нових технічних розв'язань

Аналіз творчого процесу пошуку нових технічних розв'язань показує, що коли людина зіштовхується зі складною технічною проблемою, то вона починає подумки перебирати різні варіанти, пробує, помиляється і, нарешті, знаходить нове рішення. Цей метод і є методом розгляду всіх варіантів, чи, як ще його називають, методом проб і помилок це найдавніший спосіб пошуку нового технічного розв'язання. Цим методом створювалися перші креміневі ножі, сокири, гармати, вітряки, будинки, кораблі та ін.

З розвитком техніки метод проб і помилок ставав усе менш придатним. Наприклад, неможливо побудувати тисячу парових машин різних конструкцій, щоб вибрати одну найкращу. І тоді з'явилися наукові методи пошуку нових технічних розв'язань, тому що методом проб і помилок можна розв'язувати задачі, коли для одержання одного розв'язання досить десяти-двадцяти варіантів, тобто для простих задач, а для розв'язання складних задач вимагаються сотні і тисячі варіантів.

Творець пеніциліну Флемінг говорив, що якщо його можна було б створити на 20 років раніше, це б врятувало 20 мільйонів життів.

На рис. 4.3. наведена схема порівняння потужності різних методів і складності їх освоєння.

Пошук нових розв'язань можна зобразити графічно

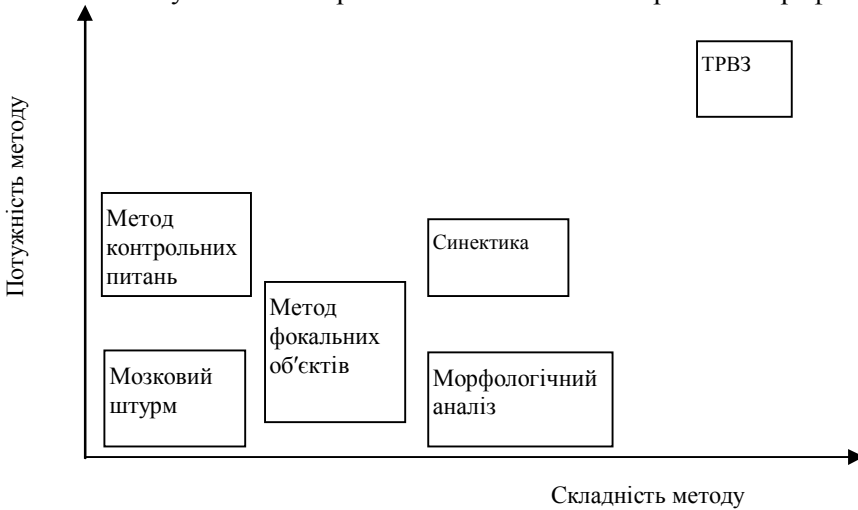
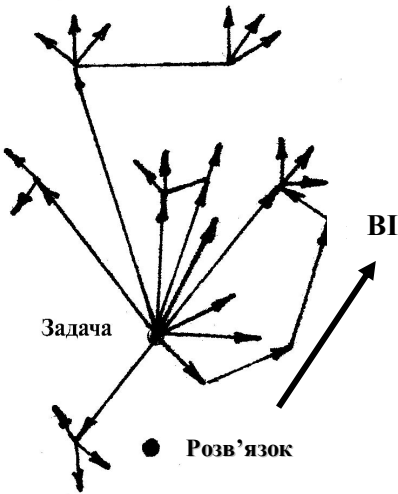
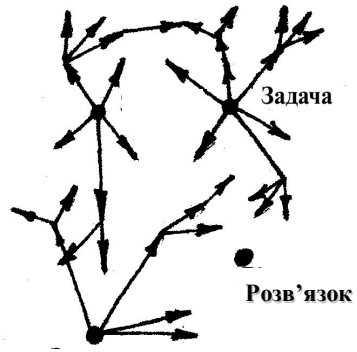


Рисунок 4.3 - Порівняння різних методів пошуку нових технічних розв'язань

(рис.4.4). При використанні методу проб і помилок людина ніби перебуває у вихідній точці "Задача", їй потрібно прийти в точку "Розв'язання", але вона не знає, де ця точка. Вона вибирає довільний напрямок, робить одну спробу, другу, третю, щораз переконуючись, що розв'язання немає, змінює знову напрямок і робить нові спроби. Більшість з них зосереджено в одному напрямку, звичному для вирішального, це одержало назву вектора "психологічної інерції".



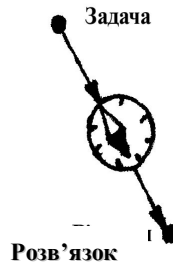
а) Метод проб і помилок



б) Збільшення хаотичності розгляду (мозковий штурм, синектика, метод фокальних об'єктів)



в) Систематичний розгляд (морфологічний аналіз, метод контрольних питань)



г) Спрямований пошук нових розв'язань (АРІЗ)

Рисунок 4.4 - Схема пошуку нових технічних розв'язань

5 ПРИНЦИПИ ВИРІШЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СУПЕРЕЧНОСТЕЙ

5.1 Фізичні, хімічні, математичні ефекти і фонд технічних розв'язань

Фізичний ефект – результат взаємодії двох чи більше об'єктів, що може бути вимірний і повторно отриманий за тотожності умов.

Фізичні, хімічні, біологічні і геометричні (математичні) ефекти і явища використовуються людством з часу виникнення людського суспільства. Саме вони покладені в основу конкретних технічних розв'язань - від кам'яної сокири до сучасної ЕОМ.

Людству відомо близько 5 тисяч тільки фізичних ефектів і явищ, у вузах вивчають близько 150 фізичних ефектів (приблизно 3%). Обсяг знань про різні ефекти і явища визначає творчий потенціал інженера, його здатність до нових технічних розв'язань. Тому з давніх часів учені намагалися пізнати закони фізики, хімії, геометрії.

У 1969 р. був складений "Покажчик застосування фізичних ефектів і явищ при розв'язанні винахідницьких задач", який використовується як інформаційний масив для узагальненого евристичного алгоритму з орієнтацією на машинний пошук. І до сьогодні показчик удосконалюється і доповнюється.

Структуру різних фізичних ефектів можна подати у вигляді схем (рис.5.1), багато в чому аналогічних, і які мають вхідні дії, фізичний об'єкт і результати (власне, ефекти).

Фізичний об'єкт – широкий клас матеріальних тіл (тверді, рідкі, газоподібні речовини і їхні сполучення, а також елементарні частки, молекули, атоми, іони і т.д.).

Під дією розуміють поля (магнітне, електричне, гравітаційне, теплове, силове і т.д.), а також різного роду зміни, наприклад, вологості, швидкості, концентрації.

Результат (ефект) - це електричний струм, рух, тепло і т.д. Взаємозв'язок ефекту і дії зазвичай може бути виражений математичною формулою.

Умови (обмеження)- "перешкоди", що заважають реалізації ефекту.

На основі фізичних, хімічних і геометричних ефектів і явищ виконуються технічні розв'язання. Узагальнення таких розв'язань утворює фонд технічних розв'язань, під яким розуміють конкретні приклади використання ефектів і явищ.

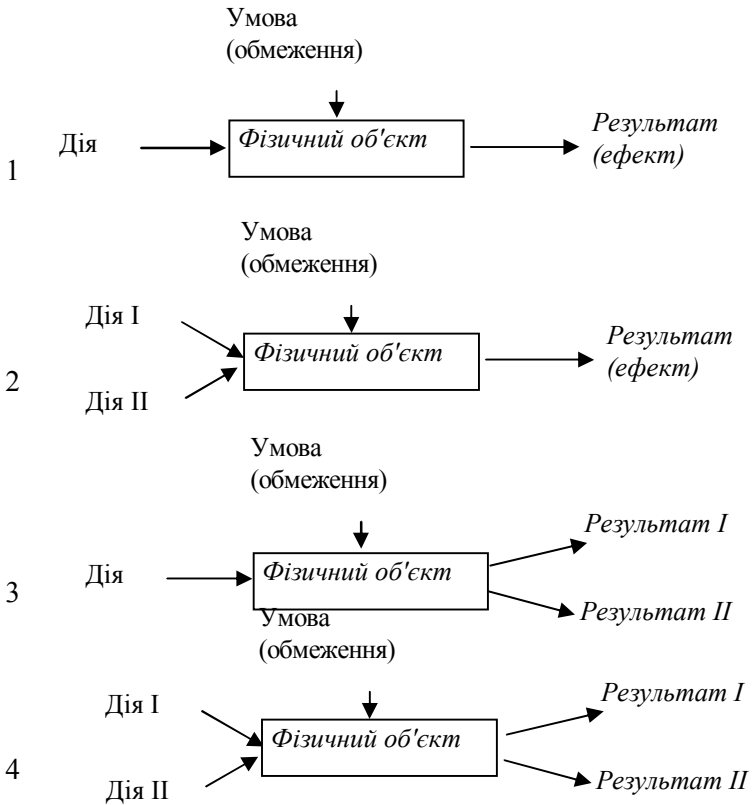


Рисунок 5.1 - Структура різних фізичних ефектів

Фонд містить більше 700 ефектів, оформлений у вигляді каталогу і має довідково-пошуковий апарат як за типами дії, так і за результатами (ефектами).

Фонд технічних розв'язань, який створений людством, величезний, але доступний для кожного інженера, тому що нові технічні розв'язання постійно публікуються в різних країнах у бюлетенях винаходів, реферативних журналах і книгах. Цю інформацію інженер використовує для аналізу і вибору задач, пошуку і синтезу нових технічних розв'язань.

У винахідницькій практиці добре зарекомендували себе особисті фонди технічних розв'язань, картотеки патентів, науково-технічних статей і монографій. Створення і постійне поповнення картотеки – це систематичний перегляд і аналізування багатьох джерел інформації. Самостійне поповнення фонду – ефективний шлях підвищення творчого потенціалу і кваліфікації інженера.

5.2 Евристичні прийоми вирішення технічних суперечностей

Виявити і скласти переліки типових евристичних прийомів розв'язання технічних задач намагалися давно. Німецький учений Х.Вольф запропонував ряд правил і методів розв'язання винахідницьких задач. Були й інші спроби, але вони мали обмежений характер, зазвичай не перевищуючи і десятки прийомів. Найбільш повним у даний час вважається фонд прийомів узагальненого евристичного алгоритму, створеного в Марійському політехнічному інституті в 1976 р.(табл. 5.1).

Цей алгоритм має багато прийомів, що містяться у відомих методах пошуку нових технічних розв'язань, у тому числі: у переліках контрольних питань і в добірках різних авторів; у спеціальній літературі з конструювання; у публікаціях винахідників, що пишуть про свою роботу; у картотеках і рукописних матеріалах окремих фахівців.

Фонд розділений на 15 груп, містить 420 евристичних прийомів і 826 пошукових процедур. Наприклад, прийом № 1 із групи 1. Змінити в об'єкті такі параметри: розміри, довжину, площу, обсяг, вагу, швидкість, температуру, напрямок, час впливу, служби

і процесу, довжину хвилі, частоту коливань, надійність, міцність, точність, концентрацію, консистенцію, ступінь гнучкості, прозорості, освітленості і звучання, вартість, показник якості, інші параметри об'єкта. Експертиза виявила, що цей фонд має близько 50 ознак новизни технічних розв'язань.

При аналізуванні 900 конструкторсько-винахідницьких задач, які були розв'язані, встановлено, що 80 випадково взятих прийомів дозволяє розв'язати 80 % цих задач, а спеціально підібрані ще 6 прийомів збільшили таку імовірність до 96 %. Це свідчення високої повноти зазначеного фонду.

Таблиця 5.1 - Групи евристичних прийомів узагальненого евристичного алгоритму

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

5.3 Типові прийоми АРВЗ вирішення (усунення) технічних суперечностей

Радянський винахідник Г.С.Альтшуллер у середині 50-х років почав розроблення алгоритму розв'язання винахідницьких задач (АРВЗ) Він запропонував 40 типових прийомів усунення технічних суперечностей, що дозволяють знайти нове технічне розв'язання і таблиці, які дозволяють знаходити потрібний прийом для подолання тих чи інших технічних суперечностей.

Заходи отримання прийомів:

1 Було проаналізовано більше ніж 40 тисяч винаходів не нижче другого рівня.

2 Якщо прийом спрацьовував 80-100 разів, він заносився до переліку.

3 Для організації переліку використовувалася спеціальна таблиця. Таблиця охоплює приблизно 1500 вирішених технічних суперечностей, що найбільше спостерігаються на практиці.

4 Типові прийоми були розбиті на чотири групи:

- одиночні (наприклад "подрібнення", принцип "місцевої якості" і т.д.);
- комбіновані, що містять у собі прийом-антиприйом (принцип часткової чи надлишкової дії, принцип відкидання і регенерації частин і т.д.);
- деякі фізичні ефекти, що використовують (теплове розширення, фазовий перехід);
- використання деяких речовин (сильні окиснювачі).

5 Назви для прийомів (принципів) вибрані навмисне простими й образними, що відбивають їх зміст, – це сприяє їх швидкому запам'ятовуванню.

Прийоми, звичайно, готових розв'язків не дають. Тому не поспішайте, змініть формулювання вихідної технічної суперечності, необхідно вийти на інші набори прийомів.

1 Принцип подрібнення.

2 Принцип винесення.

3 Принцип місцевої якості.

- 4 Принцип асиметрії.
- 5 Принцип об'єднання.
- 6 Принцип універсальності.
- 7 Принцип "матрьошки".
- 8 Принцип антиваги.
- 9 Принцип попередньої антидії.
- 10 Принцип попередньої дії.
- 11 Принцип "заздалегідь підкладеної подушки".
- 12 Принцип еквіпотенційності.
- 13 Принцип "навпаки".
- 14 Принцип сфероїдальності.
- 15 Принцип динамічності.
- 16 Принцип часткової чи надлишкової дії.
- 17 Принцип переходу в інший вимір.
- 18 Принцип використання механічних коливань.
- 19 Принцип періодичної дії.
- 20 Принцип безперервності корисної дії.
- 21 Принцип проскакування.
- 22 Принцип "повернути шкоду на користь".
- 23 Принцип зворотного зв'язку.
- 24 Принцип "посередника".
- 25 Принцип самообслуговування.
- 26 Принцип копіювання.
- 27 Принцип заміни дорогої довговічності на дешеву недовговічність.
- 28 Принцип заміни механічної схеми.
- 29 Принцип використання пневмо- і гідроконструкцій.
- 30 Принцип використання гнучких оболонки і тонких плівок.
- 31 Принцип застосування пористих матеріалів.
- 32 Принцип зміни фарбування.
- 33 Принцип однорідності.
- 34 Принцип відкидання і регенерації частин.
- 35 Принцип зміни фізико-хімічних параметрів об'єкта.
- 36 Принцип використання фазових переходів.
- 37 Принцип використання теплового розширення.

38 Принцип використання сильних окиснювачів.

39 Принцип зміни інертного середовища.

40 Принцип використання композиційних матеріалів.

Спроби виявлення нових прийомів продовжуються, однак виявилось, що винаходи високого рівня виявляються у результаті використання не одного, а відразу декількох прийомів чи у сполученні з фізичними ефектами. Тому виникли стандарти.

Вивчення подібних комплексів прийомів з фізичними ефектами привело до створення репольного аналізу – мови технічних систем.

6 РЕЧОВИННО-ПОЛЬОВИЙ АНАЛІЗ

6.1 Основні визначення речовинно-польового аналізу

Техніка - це сукупність механізмів і машин, а також систем і засобів керування, видобутку, збереження, перероблення речовини, енергії та інформації. Таким чином, техніка має справу з матеріальними об'єктами - речовинами чи полями.

Речовина - це сукупність дискретних утворень, що мають масу спокою (атоми, молекули і те, що з них побудоване). Речовина може бути у твердому, рідкому, газоподібному і плазмовому станах.

Поле - це система з нескінченною кількістю ступенів вільності, що характеризується безперервністю і має нульову масу спокою (електромагнітне, гравітаційне, ядерне, хвильове чи квантове і т.д.).

На субатомному рівні, тобто на рівні елементарних частинок, розходження речовини і поля стає відносним. Поля втрачають суто неперервний характер: їм відповідають дискретні утворення – кванти (фотони, гравітони). А елементарні частки, з яких складається речовина (протони, нейтрони, електрони, мезони і т.д.), є квантами відповідних нуклонних, мезонних та інших полів, втрачаючи свій суто дискретний характер.

Крім того, розрізняють векторні і скалярні (математичні) поля. У векторних полях у кожній точці задана векторна величина, у скалярних полях - скалярна. З поняттями векторного поля і скалярного поля пов'язано багато фізичних явищ і процесів. Приклад векторних полів - поле швидкостей частинок рідини чи газу, поле напруги і

деформацій у якому-небудь тілі і т.д. Приклад скалярних полів - температурне поле нагрітого тіла, поле щільності матеріалу.

Оскільки всі розглянуті вище поняття відносять або до взаємодії, або до характеристики властивостей енергетичного стану матеріальних частинок, вони розуміються у більш загальному збірному змісті поля.

Таким чином, матеріальний світ, у тому числі й технічні об'єкти, можна розглядати як сукупність систем, що складаються з речовин, які взаємодіють з полем чи стан яких визначається полем. Репольний аналіз запропонував радянський винахідник Г.С.Альтшуллер.

6.2 Структурні формули реполів

За аналогією до геометричних фігур будь-яку технічну (матеріальну) систему можна подати у вигляді сукупності трикомпонентних систем, кожна з яких складається з речовини Р, поля П і середовища С (середовище також може бути або речовиною, або полем). Така "елементарна" матеріальна система називається речовинно-польовою системою, чи скорочено реполем.

Реполь – це модель мінімальної робочої технічної керованої системи. Умовно реполь зображують графічно у вигляді структурних формул. При цьому речовини (Р) записують у рядок, а поля (П) зверху і знизу, щоб наочно зобразити дії декількох полів на одну речовину (рис. 6.1).

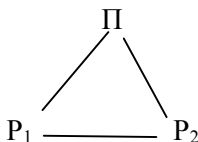


Рисунок 6.1 - Структурна формула реполя

Розглянемо кілька прикладів, які можна подати однаковою структурною формулою у вигляді, показаному на рис. 6.2:

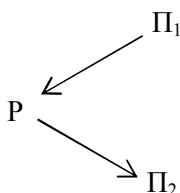


Рисунок 6.2 - Графічний речовинно-польовий запис задачі

а) ультрафіолетове випромінювання (поле Π_1) впливає на люмінофор (речовина P) - виникає видиме світло (поле Π_2);

б) електричний розряд (Π_1) у рідині(P) створює високий тиск (Π_2);

в) звук (акустичне поле Π_1) впливає на п'єзокристал (P) - виникає змінне електричне поле.

В усіх трьох розглянутих випадках структуру фізичного явища можна подати в однаковій графічній матеріально-польовій формі (рис. 6.2).

Запишемо ідею розв'язання задачі в речовинно-польовій формі.

Задача. Щоб зігнути кристал, до нього напилюванням приєднують матеріал з іншим коефіцієнтом теплового розширення, всю систему охолоджують, і кристал згинається (а. с. № 799959). Нам задана одна речовина – кристал; позначимо його P_1 . Для згинання кристала треба додати іншу речовину P_2 і дію теплового поля Π_T . При розв'язанні задачі зроблений перехід від одного об'єкта P_1 до трійки, що можна зобразити графічно (рис. 6.3).

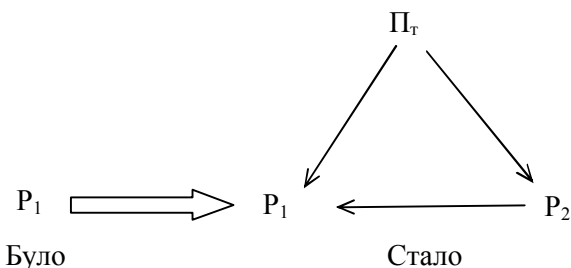


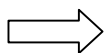

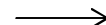

Рисунок 6.3 - Розв'язання задачі в репольній формі

У технічних системах носіями (генераторами) полів завжди є які-небудь конкретні елементи, речовини, вони зазнають перетворень, що, у свою чергу, можуть змінити стан полів. У зв'язку з цим можна вважати, що мінімальна (елементарна) технічна система, подана в матеріально-польовій формі (технічний реполь), складається з двох речовин і поля.

Оскільки компоненти реполя і його структура виражаються за допомогою найбільш узагальнених абстрактних понять і символів, то за їх допомогою може бути однаково записана структура багатьох,

аналогічних у принципі, але різних у дійсності технічних систем. Подібність репольних формул є основою аналогії між ними.

Для запису репольних систем використовують такі позначення:

-  перехід від умови задачі (дано) до результату (отримане);
-  необхідна дія чи взаємодія;
-  напрямок дії чи взаємодії;
-  небажана дія чи взаємодія.

Записуючи умови задачі у репольній формі, ми відкидаємо все несуттєве, виділяючи суть (будуємо модель задачі): що дано (поля, речовини, дії), що треба змінити чи ввести. Репольний запис дозволяє виявляти причини виникнення задачі, тобто "хвороби" технічної системи, наприклад, недобудованість реполя. Тому репольний аналіз не тільки дає зручну символіку для запису винахідницької ситуації, але і є інструментом проникнення в глибинну сутність задачі для відшукування найбільш ефективних шляхів перетворення технічних систем.

6.3 Основні правила перетворення речовинно-польових систем

Виявлено кілька елементарних правил перетворення речовинно-польових систем при розв'язанні технічних задач.

1 Добудування реполя. Якщо за умовами задачі задана нерепольна система - один елемент (Р чи П) чи неповна репольна система (два елементи Р і П), то для розв'язання задачі необхідно добудувати систему до повного реполя (рис. 6.4).

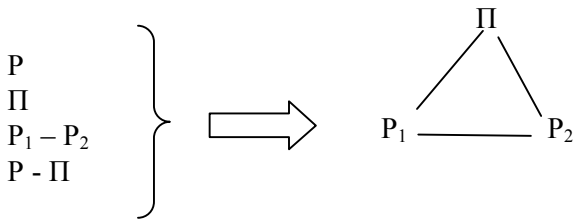


Рисунок 6.4 - Добудування реполя

Нерідко буває так, що за умовою задачі задано дві речовини і поле, але вони погано взаємодіють між собою і їх не можна замінити на інші. Отже, потрібно поліпшити реполь: збільшити керування речовиною, забезпечити необхідну дію полів, змінити в потрібний бік характер взаємодії елементів.

2 Перехід до феромагнітного реполя (феполя). Репольні системи можна переводити в системи фепольні, тобто в системи з магнітним полем Π_m і феромагнітною речовиною (P_ϕ). Дане правило виконується після реалізації правила 1.

Якщо в тій частині технічної системи, де виникає конфлікт, є речовина, що має магнітні властивості, то їх обов'язково можна залучити до виконання корисної функції. Якщо таких речовин і відсутня заборона на їх введення, то їх потрібно ввести (рис. 6.5).

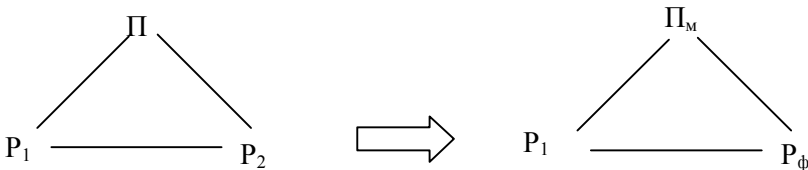


Рисунок 6.5 - Перехід до феромагнітного реполя

3 Руїнування реполя. Щоб зруйнувати непотрібний чи шкідливий реполь, між двома наявними речовинами P_1 і P_2 вводять третю, яка є переважно видозміною одного з двох P_1 і P_2 , чи обох разом, чи модифікацією зовнішнього середовища (продуктом його взаємодії з P_1 чи P_2), див. рис. 6.6.

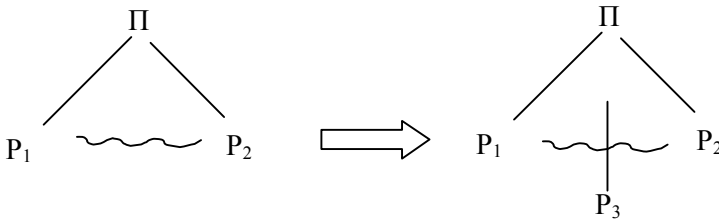


Рисунок 6.6 - Руйнування реполя

У ТРВЗ поняття "модифікація" розуміється досить широко – це може бути якийсь похідний ресурс, отриманий з наявних речовин чи (іноді) сторонньої речовини, який має властивості, близькі до властивостей наявних речовин, що узгоджується з ними. Наприклад, модифікації води: лід чи пара, кисень і водень, що виділяються з солі, суміші з газом, твердим тілом чи іншою рідиною (аерозолі, піни, емульсії, суспензії), шар турбулентної води на ламінарному потоці).

4 Перехід до ланцюгового реполя. Елемент P_2 репольної системи може (має тенденцію) розвиватися в самостійний реполь (рис. 6.7).

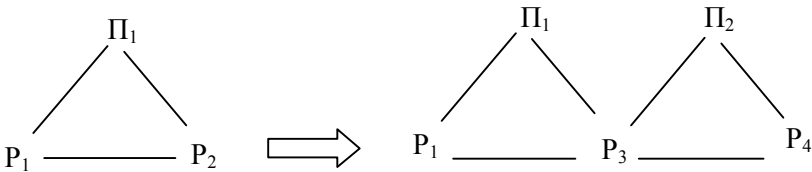


Рисунок 6.7 - Перехід до ланцюгового реполя

У свою чергу, P_4 може утворити новий реполь, що складається з P_5, P_6, P_3 і т.д. Такі реполі називають ланцюговими.

5 Виявлення фізичних ефектів. Якщо даний реполь з одним полем Π_1 , а на виході необхідно одержати поле Π_2 , назву потрібного фізичного ефекту можна визначити, з'єднавши назву полів Π_1 і Π_2

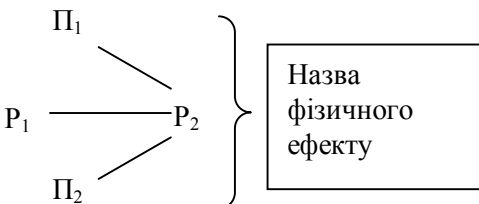


Рисунок 6.8 - Виявлення фізичних ефектів

(рис. 6.8).

7 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ

7.1 Основні визначення функціонально-вартісного аналізу

Стародавня людина ціною великих фізичних витрат, витрат мускульної енергії створювала знаряддя праці для виконання корисних функцій: оброблення землі, полювання на тварин, лову риби, захисту від нападу і т.д. При цьому вона прагнула зробити знаряддя праці з найменшою витратою своїх власних сил.

Згодом техніка настільки ускладнилася, що виникла потреба в науковому підході до оцінки ефективності витрат і визначенні мінімальних витрат, які забезпечують створення техніки, що виконує свої функції. Так виник функціонально-вартісний аналіз (ФВА).

Під ФВА розуміють метод дослідження функцій об'єкта (виробу, процесу, структури), спрямований на мінімізацію витрат у сферах його проектування, виробництва і експлуатації при збереженні чи підвищенні якості і корисності об'єкта.

За внутрішнім своїм змістом ФВА – це комплексно-цільова програма, що поєднує три основні складові – техніко-економічні аналізи, організаційно-технічні заходи і наукову методологію пошуку нових рішень, яка спрямована на виявлення і використання резервів удосконалювання будь-яких об'єктів.

Поява ФВА як методу пов'язана з іменами двох фахівців - конструктора Пермського телефонного заводу Ю.М.Соболева (1950 р.) і співробітника американської фірми "Дженерал Електрик" Л.Майлза (1947 р.), що наприкінці 40-х - початку 50-х років нашого століття практично одночасно заклали теоретичні основи ФВА, хоча і з різних позицій. Соболев пропонує поліпшувати вже існуючий виріб за рахунок зміни його конструкції. Майлз пропонує на основі аналізу функцій виробу створити нову конструкцію, яка найбільш відповідає необхідним функціям. Сучасний ФВА - це раціональне сполучення ідей Соболева і Майлза.

Сьогодні ФВА одержав подальший розвиток в основному за рахунок застосування принципово нового методу технічної творчості – ТРВЗ. Модифікація методу в колишньому СРСР була розроблена В.М. Герасимовим і С.С. Литвином.

Практика роботи показує, що в середньому кількість операцій у технологічних процесах у результаті ФВА можна скоротити на 30-40 %.

Основний постулат ФВА – постійна наявність резервів розвитку в будь-якій технічній системі, конструкції і технології. Іншими словами, немає ідеальної машини і технології, є невміння знаходити шляхи їх удосконалювання. Формула ідеальності технічної системи

$$I = \frac{\sum \Phi_{кор}}{\sum B},$$

де $\sum \Phi_{кор}$ - сума корисних функцій технічної системи;

$\sum B$ - сума витрат на виконання корисних функцій, що складається з витрат необхідних і витрат надлишкових у створенні, виробництві й експлуатації елементів технічної системи.

Відповідно до ФВА будь-який виріб завжди має (чи згодом виникають) резерви. Резерви існують за рахунок:

- неефективного використання науково-технічної інформації;
- невиправданого завищення технічних параметрів виробу, їхніх вузлів і деталей;
- зневажливого ставлення конструкторів до вимог економіки;
- непогодженості роботи конструкторських, технологічних і виробничих служб підприємства;
- проектування в умовах недостатності часу;
- відсутності в даний момент потрібного матеріалу, устаткування, які потім закріплені у технічній документації на увесь час випуску виробу;
- недостатнього, а часом і надлишкового, ступеня уніфікації виробу, коли необгрунтовано поєднується ряд типорозмірів виробів, кожний з яких розрахований на масове виробництво;

- психологічної інерції, технічного консерватизму, звички до однобокого, вузького погляду на виконувану роботу конструктора виробу;

- виникнення нових матеріалів, способів оброблення і т.д.

ФВА виник не на порожньому місці, а на основі методів активізації пошуку (мозковий штурм, морфологічний аналіз і т.д.).

7.2 Види функцій об'єкта

Основним положенням ФВА є те, що для споживача продукції важливі функції, що виконуються даним об'єктом, і зовсім байдуже до його структури, пристрою і т.д. У цьому розумінні функція - це прояв і (чи) збереження властивостей якого-небудь об'єкта в даній системі відносин.

Функції звичайно сховані, а виявляються у вигляді показників якості при використанні об'єкта. Для того щоб розібратися в лабіринті функцій, застосовується схема їхньої класифікації.

Розрізняють такі види функцій:

1) зовнішні, що відбивають зв'язки об'єкта зі сферою його застосування;

2) внутрішні, що відбивають взаємозв'язок структурних одиниць (підсистем) об'єкта між собою.

Зовнішні функції поділяються на головні і другорядні. Головна функція визначає призначення об'єкта, мету його створення (те, для чого споживач використовує технічну систему). Для криголама головна функція – провести корабель. Для м'ясорубки – подрібнювати продукт. Другорядна функція визначає побічні цілі створення об'єкта, спрямовані на більш зручну його експлуатацію.

До другорядних функцій відносять естетичні, екологічні, ергономічні й інші другорядні функції (те, через що споживач купує саме цю технічну систему).

За ступенем забезпечення роботоздатності об'єкта серед внутрішніх функцій розрізняють основні і допоміжні. Основні функції забезпечують роботу об'єкта, створюють необхідні умови

для здійснення головної функції. Другорядні – забезпечують виконання основної функції.

За ступенем корисності розрізняють корисні, даремні (непотрібні), шкідливі функції. Даремні функції (непотрібні) – функції, які не є необхідними для виконання інших функцій, але виконуються елементами системи (тобто паразитні). Шкідливі – функції, що погіршують роботу елементів чи технічної системи в цілому. Наприклад, холодильник не тільки зберігає продукти, але також гуде, нагріває і без того гаряче повітря в кухні. Пилосос не тільки всмоктує пил, але створює багато шуму, займає місце.

У період становлення ФВА як методу зниження питомих витрат на одиницю виробу корисний ефект досягався виключенням шкідливих і даремних функцій.

Принципи ФВА:

- функціональний підхід;
- господарський підхід до оцінки споживчих властивостей і витрат на розроблення, виробництво і використання об'єкта;
- системний підхід, який означає, що даний об'єкт є елементом системи більш високого порядку і розвивається з минулого стану через сьогодення в майбутнє;
- принцип відповідності корисності функції і витрат на їх здійснення;
- принцип колективної творчості, що передбачає використання методів пошуку і формування технічних рішень, а також методів якісної і кількісної оцінок варіантів рішень. ФВА ведуть дослідницькі робочі групи (ДРГ) фахівців (фахівців ФВА, технологів, конструкторів, електриків, економістів, фахівців з речовин й ін.).

7.3 Основні етапи функціонально-вартісного аналізу

Одне з основних правил проведення ФВА будь-яких виробів: ФВА необхідно проводити в ключові моменти життєвого циклу виробу – на початку його розроблення, після завершення тих чи інших етапів, перед сертифікацією чи атестацією, зміною цін, модернізацією.

ФВА проводиться у визначеній послідовності, поетапно (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 - Етапи проведення ФВА

Етап	Короткий зміст
1 Інформаційно-підготовчий	Формування цілей і завдань проектування. Підготовка, збір і систематизація інформації. Побудова "дерева цілей". Визначення вимог до характеристик виробів і їх значущості. Виявлення техніко-економічних суперечностей. Формування обмежень. Формування ідеального кінцевого результату. Визначення лімітних цін

Продовження таблиці 7.1

2 Аналітичний (формулювання функцій і побудова збільшеної функціональної моделі)	Формулювання зовнішніх функцій (головних і другорядних). Вибір принципу реалізації головної функції. Формулювання основних внутрішніх функцій (введення, перетворення, видача). Побудова збільшеної функціональної моделі. Встановлення гранично допустимих витрат за функціями
3 Творчий (пошук і формулювання варіантів)	Пошук ідей і рішень щодо реалізації основних функцій. Їхня експертна оцінка за допомогою позитивно-негативних таблиць. Формулювання допоміжних функцій (сполучних, ізолюючих і т.д., що забезпечують надійність функцій). Пошук щодо реалізації допоміжних функцій. Побудова морфологічних карт варіантів. Визначення складу матеріальних носіїв функцій щодо варіантів. Синтез технічних рішень. Побудова збільшеної структурної моделі

	виробу
4 Дослідний (збільшена оцінка варіантів рішень з комплексу критеріїв)	Вибір критеріїв оцінки. Якісна оцінка ступеня використання функцій за варіантами. Збільшена оцінка виробничих і експлуатаційних витрат на реалізацію функцій із гранично допустимими. Комплексна техніко-економічна оцінка варіантів. Визначення умов впровадження варіантів
5 Рекомендаційний (вибір варіанта для подальшого відпрацювання)	Обговорення і остаточний вибір варіанта побудови виробу. Оформлення рекомендацій подальшого функціонально-вартісного відпрацювання варіанта

Продовження таблиці 7.1

6 Етап впровадження	Узгодження плану-графіка впровадження. Контроль за виконання плану-графіка. Впровадження отриманих результатів у виробництво. Оформлення звіту про виконану роботу
---------------------	--

8 ІСТОРІЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ

8.1 Типи творчості

1 Творчість першого типу. Найпростішою творчістю можна вважати застосування відомого рішення до відомої проблеми. Припустимо, треба створити механізм для підняття вантажів. Стара проблема, відомо і її старе рішення: використовувати підйомний кран. Але крани бувають різні. Новизна творчої праці зводиться тут до створення конкретної конструкції підйомного крана визначеної схеми і заданої вантажопідйомності. Творчість першого типу - найбільш благополучна, тому що вона відповідає потребам сьогодення, знаходить рішення сьогоденних завдань. Цих рішень з нетерпінням чекають на виробництві, а тому порівняно

швидко йде і їхнє впровадження.

2 Творчість другого типу. Сюди можна зарахувати нове застосування відомого рішення (ідеї, конструкції) чи нове рішення старого завдання, тобто рішення незвичними для даної сфери способами.

Творчість другого типу працює на завтрашнє суспільство, виконує його соціальне замовлення. І чим раніше ми побачимо завтрашні проблеми, тим легше нам буде завтра.

3 Творчість третього типу. Вона виникає тоді, коли для принципово нової проблеми знайдене принципово нове рішення. Така творчість працює на ще більш віддалене майбутнє. Супротивники тут не сперечаються про несвоєчасність рішень - вони говорять про непотрібність, хибність задач, навіть про їх шкідливість.

А. Ейнштейн, торкаючись питань творчості, якось зауважив, що усі знають, що так робити не можна, бо нічого не вийде, але з'являється людина, яка цього не знає, береться за діло, і в неї виходить.

8.2 Класифікація винахідницьких задач за їх новизною

Г. С. Альтшуллер, автор теорії розв'язання винахідницьких задач, розробив класифікацію винахідницьких задач за їх новизною.

1 Перший рівень: застосовні засоби, що прямо призначені саме для даної мети; використаний готовий розв'язок для готової задачі. Це дрібні винаходи. За методом проб та помилок (МПтаП) для розв'язання задачі треба буде зробити десять проб. Для цього рівня задачі і способи її розв'язання лежать у межах однієї професії, тому вони під силу кожному фахівцю, задачі тривіальні, вони не мають суперечностей.

2 Другий рівень: вибраний один із деяких альтернативних варіантів розв'язання задачі, що також вибрана з декількох можливих (від десяти до ста проб). Це дрібні винаходи, отримані в результаті усунення суперечностей способами, відомими в даній галузі.

Винаходи перших двох рівнів найбільш численні – вони складають приблизно 77 відсотків патентного фонду.

3 Третій рівень: змінена вихідна задача, змінене звичне розв'язання (від ста до тисячі проб). Це середні винаходи. Суперечності переборюються способами, відомими в межах однієї науки.

4 Четвертий рівень: знайдені нова задача і нове розв'язання (від тисячі до десяти тисяч проб). Це великі винаходи. Синтезується нова технічна система. Суперечності усуваються засобами, що лежать за межами науки, у якій виникла задача.

5 П'ятий рівень: знайдена нова проблема, відкритий новий принцип, придатний для розв'язання не тільки цієї, але й інших задач, проблем (більше десяти тисяч проб). Це найбільші винаходи. Синтезується принципово нова технічна система. Способи розв'язання задачі лежать за межами сучасної науки (спочатку потрібно зробити відкриття, а потім, спираючись на нові наукові дані, розв'язувати винахідницьку задачу).

Творча діяльність першого типу містить розв'язки першого і другого рівнів винахідницьких задач, другого типу - третього і четвертого рівнів. Третій тип творчості - п'ятий рівень і навіть не відзначений у класифікації шостий, що являє собою систему винаходів п'ятого рівня.

8.3 Теорія розвитку творчої особистості (ТРТО)

Багаторічні спільні дослідження біографій творчих особистостей, які були проведені Г. С. Альтшуллером і І. М. Верткіним, поклали початок новому напрямку розвитку ТРВЗ - Теорії розвитку творчої особистості (ТРТО).

Виховання комплексу творчих якостей - головна мета життєвої стратегії творчої особистості (ЖСТО). Метод побудови ЖСТО звичайний для всіх досліджень у ТРВЗ: аналіз великих інформаційних масивів (з метою виявлення загальних закономірностей). Для вироблення стратегії вивчено понад тисячу біографій творчих особистостей.

Вдалося простежити становлення і розвиток творчої

особистості протягом усього життя. На історико-біографічних прикладах переконливо доведено: творчий спосіб життя доступний кожному, для цього не потрібні особливі природні здібності чи сприятливі умови. Під силу будь-якій людині вибрати гідну мету і почати планомірну діяльність для її досягнення.

Детально розглядаючи шлях до мети, ЖСТО дає людині підсумований життєвий досвід поколінь творців: попереджає про типові небезпеки, рекомендує конкретні методи їх подолання, пророкує найбільш сильні ходи.

Систематичні дослідження з ЖСТО поступово формують нову область знання - Теорію розвитку творчої особистості.

ТРВЗ забезпечує вихід на рішення, близьке до ідеального, але творчий процес не зводиться до одного лише пошуку рішення. Необхідно довести знайдену ідею до рівня робочої і технологічної конструкції, "обзалізати" її, домогтися якомога більш широкого впровадження. А потім - узятися за рішення нової проблеми. З практики відомо, що середній термін упровадження середнього за рівнем винаходу складає 7-10 років. Для досягнення своєї мети винахідник повинен мати активну творчу позицію.

Для формування активної творчої позиції потрібні як мінімум шість якостей:

1 Наявність гідної мети - нової (чи недосягнутої), значної, суспільно-корисної.

2 Уміння програмувати досягнення поставленої мети.

3 Велика працездатність щодо виконання накреслених планів.

4 Уміння розв'язувати творчі задачі у вибраній сфері, володіння технікою подолання суперечностей на шляху до мети.

5 Готовність "тримати удар": відстоювати свої ідеї, виносити невизнання, нерозуміння.

На жаль, винахідників часто "б'ють". За оригінальність ідеї, за наполегливість при впровадженні. І тому треба вміти боротися за свої ідеї з можливо меншими втратами часу, нервів і сил, що знадобляться для нових ідей.

6 Відповідність досягнутих результатів поставленій меті.

Можна зробити висновок: для успішної роботи в техніці і

науці потрібно володіти хорошими методами розв'язання задач, мати розвинену уяву і віддавати весь свій час улюбленій справі, саме улюбленій!

9 НАСЛІДКИ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

9.1 Моральність і науково-технічний прогрес

Суперечливий характер науково-технічного прогресу виявляється у тому, що він:

- розширює можливості цивілізації у використанні сил природи;
- одночасно руйнує основи існування людини, а якщо брати прогрес військової техніки, то й створює безпосередню загрозу всьому живому на Землі.

Але в науково-технічному прогресі є і загальнолюдський зміст. Моральна, гуманістична задача науково-технічного прогресу полягає в намаганні зменшити шкідливі наслідки науково-технічного прогресу, а в майбутньому цілком виключити можливість його антигуманних проявів. Отже, інженерна діяльність, діяльність вчених повинна здійснюватися у визначених моральних рамках. У зв'язку з цим багато великих вчених пишуть про глибокі суперечності між двома видами людської діяльності:

- зовнішньої, зв'язаної з науковим знанням і технікою;
- внутрішньої, сполученої з моральними цінностями.

Одні вчені захищають моральність, виражаючи неприйняття науково-технічних досягнень цивілізації, а інші стоять на боці науково-технічного прогресу, незважаючи на його негативні наслідки. І те, й інше є крайностями. Науково-технічний прогрес висуває підвищені вимоги не тільки до творців нової техніки, але і до творців наукових ідей. Зараз формується така сфера діяльності, у якій усе більше і більше потрібен інженер особливого типу – інженерно-науковий працівник. Тому гуманістичні принципи, моральні норми і правила однаково важливі як у науковій діяльності, так і в інженерній діяльності. Однаковою мірою це стосується і соціальної відповідальності вченого та інженера.

Техніка, очевидно, впливає на людину як своїми корисними результатами (спроектованими, передбаченими), так і негативними, непередбаченими чи неминучими (факторами розплати).

Інженер створює пристрої, що перетворюють світ навколо нас (техносферу) з метою одержання Користі у формі технічних систем. Однак за отриману користь доводиться розплачуватися. До факторів розплати належать:

1 Витрати на проектування і виготовлення техніки.

2 Брак виробництва.

3 Витрати на штатну експлуатацію.

4 Витрати на ремонт.

5 Витрати на охорону навколишнього середовища від штатного її забруднення продуктами викиду техніки.

6 Витрати на ліквідацію техніки, яка відпрацювала свій термін.

7 Витрати на післяліквідаційне усунення наслідків функціонування техніки.

Тією чи іншою мірою ці витрати або враховуються (1 – 5) у виробництві та експлуатації, або (6 –7) починають визнаватися як ті, що заслуговують пильної уваги). Однак є ряд факторів розплати, що лише періодично потрапляють у сферу уваги сучасної техніки і науки. Згадаємо найважливіші з них:

8 Аварії (до цього часу немає теорії аварій, відомо лише, що аварії трапляються разюче одноманітно в будь-яких системах).

9 Втрати від позаштатної (необов'язково аварійного характеру) взаємодії із зовнішнім середовищем.

10 Втрати від позаштатної взаємодії одних технічних систем з іншими.

9.2 Руйнуючий вплив інженерної діяльності на природу

Г.С.Альтшуллер виділив три основні типи руйнуючого впливу сучасної технічної цивілізації на природу:

1 Злочинне руйнування природи. Найбільш відверта форма знищення природного середовища. Наприклад, підпали лісів: від пожеж гинуть сотні тисяч гектарів лісу. Скидання відходів з

танкерів у відкритому морі потай. Скидання у ріки й озера відходів нафтопереробної і хімічної промисловості. Викид шкідливих газів в атмосферу – всупереч усім санітарним нормам.

Неприпустимість злочинного руйнування природи якоюсь мірою усвідомлена суспільством. Постійно посилюються закони, що захищають природу від варварського знищення.

2 "Законне" руйнування природи. Закони дозволяють руйнувати природу у визначених, нібито безпечних для природи, межах. Через кожні 10-15 років з'ясовується, що межі ці треба різко посилити: норми переглядають, роблять більш твердими, але в більшості випадків буває вже пізно...

Ніхто не сумнівається в необхідності автомобілів. З іншого боку, шкідливі викиди стаціонарних джерел забруднення – заводів, котельень і фабрик - становлять в загальному обсязі лише 15 % забруднень, решта припадає на транспорт. Навіть при згорянні якісного бензину виділяється 16 елементів забруднення. Як стверджують учені, у великих містах кожен вдих скорочує життя людини на півхвилини.

Закон не забороняє інженерам проектувати і будувати танкери усе більшої водотоннажності. Але великий танкер – це багато нафти, зосередженої на одному кораблі. А море залишається морем з усіма його небезпеками, і якщо загибель невеликого танкера – небезпечна аварія, то загибель супертанкера, що перевозить півмільйона чи мільйон тонн нафти, - це катастрофа планетарного масштабу.

Закони прагнуть не зачепити інтереси економіки. Закони не зазирають у майбутнє. Це спричиняє усе більш могутнє "законне" руйнування природи.

3 Необхідне витіснення природи. Кількість населення на планеті швидко збільшується. Потрібні нові міста, нові заводи і фабрики, нові дороги... Потрібно нове місце для технічного світу – узяти це місце нізвідкіля – можна тільки відняти його у природи. Навіть маючи мудрі і далекоглядні закони, однаково техніка буде прагнути витіснити природу: потрібно місце для населення, що збільшується, потрібно місце для техніки, що забезпечує високий

рівень добробуту усього населенню планети, яке швидко збільшується.

9.3 Етика інженерної діяльності

Етика інженерної діяльності – конкретизація загальних норм і принципів моралі стосовно до умов інженерної діяльності, покликана показати шляхи вирішення тих моральних проблем і ситуацій, що виникають у професійній діяльності інженера і вимагають від нього визначеної моральної позиції.

Інженерна етика концентрується на поведженні індивіда – інженера і на виробленні етичних норм, що регулюють його професійну діяльність. Інженерна етика належить до типу так званих прикладних етик (поряд з медичною етикою, екологічною етикою, комп'ютерною етикою). Серед прикладних етик можна, у свою чергу, виділити професійні етики – такі, як лікарська етика чи етика адвокатів.

Інженерна етика як сукупність (чи система) норм, що регулюють поведінку інженера, існувала завжди. До її норм ми можемо зарахувати такі, як необхідність сумлінно виконувати свою роботу; створювати пристрої, що приносили б людям користь і не заподіювали шкоди (особливий випадок з цієї точки зору – військова техніка); відповідальність за результати своєї професійної діяльності; визначені форми відносин (звичаї і правила, що регулюють відносини) інженера з іншими учасниками процесу створення і використання техніки. Ряд таких норм фіксується в юридичних документах – наприклад, у законах, щодо питань безпеки, інтелектуальної власності, авторського права. Деякі норми професійної діяльності інженерів закріплені в адміністративних постановках, що регулюють діяльність тієї чи іншої організації (підприємства, фірми, інститути і т.д.).

Проблеми етики інженерної діяльності набули особливої актуальності у зв'язку із зростанням руйнівних можливостей техніки і посиленням соціальної ролі інженера. Сьогодні інженер являє собою практичного реалізатора найсмівливіших задумів вчених. Він матеріально втілює наукові ідеї.

Участь у виготовленні військової техніки, створення і використання атомної бомби особливо гостро поставили проблему моральної відповідальності інженера, моральної регуляції його діяльності. У ряді країн були розроблені кодекси моралі інженера – Кредо інженера (ФРН), Кодекс інженерної етики (США) та ін., які детально визначають моральні обов'язки інженера. При конструюванні нової техніки інженер зобов'язаний враховувати її екологічні, ергономічні, естетичні, економічні і інші параметри, що вимагає моральних і психологічних якостей.

Не можна назвати позицію інженера моральною, якщо він не подбає про зручність використання, комфортність, екологічність, безшумність споруд і машин.

Інженерна психологія доводить, що інженеру необхідні точність, практичність, винахідливість, гостро розвинене почуття відповідальності, здатність йти на ризик і т.д. Крім того, сучасний інженер повинен бути умілим організатором і керівником. Високий рівень культури, уміння створити в колективі здоровий моральний клімат, товариськість і дружельюбність також стають якостями, професійно необхідними інженеру. Етика інженерної діяльності покликана формувати ці якості, перетворювати їх у риси характеру.

10 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ У ПРОМИСЛОВО-РОЗВИНЕНИХ КРАЇНАХ

10.1 Інженерна діяльність в індустріальному суспільстві

Теорія єдиного індустріального суспільства винайдена наприкінці 50-х - початку 60-х років минулого століття. Вихідні постулати цієї теорії базуються на ідеях американського політолога У. Ростоу, що розробив концепцію “стадій економічного зростання”, і французького філософа Р. Арона, який думав, що саме науково-технічний прогрес визначає спрямованість розвитку суспільства.

У теоретичних побудовах Ростоу і Арона, а також їх послідовників, акцентується увага на організаційно-технічних засобах, що сприяють економічному успіху існуючих суспільств. Ці ідеї органічно вписувалися в теорію конвергенції, прихильники якої відстоюють тезу про соціально-економічну і культурну подібність між різними суспільними системами.

Інженерна діяльність в індустріальному суспільстві пов'язана з проектуванням, конструюванням, виготовленням і експлуатацією складних технічних систем. Індустріальне суспільство характеризується масовим виробництвом, тому в науці формується і особлива сфера технічних наук, яка спеціально орієнтована на розв'язання задач у різних сферах інженерної діяльності. З'являються інженерні науки на стику техніки, біології, медицини, психології, економіки і мистецтва (ергономіка, інженерна психологія, дизайн та ін.). Інженерна діяльність усе більш набуває гуманістичних рис, враховує можливості (психологічні, фізичні) людини, ставить за мету створення нешкідливих і безпечних технологічних процесів, що не порушують екологічну рівновагу в природі. З'являється професія “інженер-еколог”, “художник-конструктор” (дизайнер), “інженер-ергономіст”, “інженер-психолог” та ін.

10.2 Інженерна діяльність у постіндустріальному суспільстві

Теорія постіндустріального суспільства виникла наприкінці 60-х - початку 70-х років минулого століття. Основи цієї теорії закладені в працях американського соціолога Д. Белла і знайшли своє відображення в працях З. Бжезинського про майбутнє “технотронне” суспільство, а також у працях О. Тоффлера про “понадіндустріальне» суспільство, і в роботах Дж. Мартіна про “телематичне” суспільство.

В усіх перелічених теоріях суспільства на передній план економічних, організаційно-структурних і соціальних змін

висувається фактор науково-технічного прогресу, який визначає спрямованість розвитку людства.

У трактуванні Белла постіндустріальне суспільство – це “суспільство знань”, у якому джерела нововведень беруть початок у наукових дослідженнях, теоретичне знання стає стратегічним ресурсом, а науковий персонал посідає ключові висоти в управлінні соціально-економічним розвитком даного суспільства. У своїх різних варіантах концепція постіндустріального суспільства відбиває прагнення осмислити зміни, що відбуваються в розвинених країнах, а також знайти шляхи і способи вирішення суспільних суперечностей.

У постіндустріальному суспільстві інженерна діяльність тісно пов'язана з автоматизацією і роботизацією виробництва, замкнутими безвідхідними технологічними процесами. Інженерна діяльність набуває міжнародного характеру. Новинки науки і техніки швидко стають надбанням усіх. На чолі великих фірм стають фахівці з інженерною освітою. До управління суспільством також залучаються особи з інженерною освітою.

10.3 Інженерна діяльність в інформаційному суспільстві

Теорія “інформаційного” суспільства прийшла на зміну теорії “постіндустріального” суспільства в 70-х роках минулого століття. Автором теорії “інформаційного” суспільства є японський філософ Е. Масуда.

Теорія “інформаційного” суспільства пронизана ідеями технологічного оптимізму і заснована на передумові, відповідно до якої інформатика, комп'ютери і мікроелектроніка визначають і перетворюють усю соціальну систему. Вони є засобом створення нових соціальних надкласових і наднаціональних структур, що змінюють докорінно механізми суспільного розвитку.

Концепція “інформаційного” суспільства спирається на великомасштабні зрушення в структурі продуктивних сил суспільства, що спричинені комплексною автоматизацією і комп'ютеризацією, створенням індустрії інформації, комунаційних мереж, національних і міжнаціональних баз даних і т.д.

Висунуто програму побудови “інформаційного” суспільства в Японії, що передбачає створення і розвиток особливої суспільно-інформаційної структури, що охоплює виробництво і збут, транспорт, обслуговування, керування, освіту, побут. Ця структура ніби вписується в «телекомп'ютерні мережі», через які люди шляхом прямих контактів зможуть вирішити свої професійні і особистісні проблеми. Е. Масуда вважає, що на вищому ступені свого розвитку “інформаційне суспільство” перетвориться в суспільство загального благоденства. Поява і удосконалення Інтернету підтверджує до деякої міри прогнози Е. Масуди. Інженерна діяльність у “інформаційному суспільстві” значною мірою пов'язана з комп'ютерною технікою, технологією її виробництва і експлуатації. Інші галузі відходять на другий план.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. -М.: Сов. радио, 1979. - 176 с.
2. Чус А.В., Данченко В.Н. Основы технического творчества. -К.: Вища школа, 1983. - 184 с.
3. Евтушенко А.А., Чупис А.В. Малоотходные технологии в насосостроении и их социально-экономическая эффективность. -К.: УМК ВО, 1991. - 84 с.
4. Евтушенко А.А., Неня В.Г., Сапожников С.В., Твердохлеб И.Б. Сборник задач по курсу "Теория развития технических систем". - Сумы: СумГУ, 1995. – 107 с.
5. Научно-технический прогресс: Словарь/Сост.: В.Г.Горохов, В.Ф.Халиков. -М.: Политиздат, 1987. - 306 с.
6. Ткачук Ю.Я. Совершенствование методов расчета промышленных роботов. -К.: Знание, 1988. - 24 с.
7. Голибардов Е.И. и др. Техника ФСА / Е.И. Голибардов, А.В. Кудрявцев, М.И. Синенко. – К.: Тэхника, 1989. – 239 с.
8. Петрович Т.Н., Цуриков В.М. Путь к изобретению. – М.: Мол. гвардия, 1986. – 222 с.
9. Правила игры без правил / Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1989. – 280 с.
10. Нить в лабиринте / Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1988. – 277 с.
11. Шанс на приключение / Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1991. – 304 с.

Навчальне видання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з курсу “Історія інженерної діяльності”
для студентів напряму
0902 “Інженерна механіка”
для всіх форм навчання

Укладачі: Ю.Я. Ткачук, доцент, канд. техн. наук
С.В. Сапожніков, канд. техн. наук

Редактор В.Я.Медведева
Відповідальний за випуск А.О. Євтушенко

План 2004 р., поз.	. Облік.-вид. арк.	. Умовн. друк. арк.	.
Підп. до друку	. Формат 60x84/16.	Собівартість вид.	.
Наклад 200 прим.	Замовл. №	Безкоштовно.	.

Вид-во СумДУ. Р.с. № 34 від 11.04.2000 р.
40007, м. Суми, вул.Римського-Корсакова,2

Друкарня СумДУ. 40007, Суми, вул. Р.-Корсакова, 2

