

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет



КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
“Інженерні помилки”

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 "Інженерні помилки" 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. – 78 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 ІНЖЕНЕРНІ ПОМИЛКИ - НЕВІД'ЄМНА ЧАСТИНА ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	4
1.1 Специфіка інженерної діяльності.....	4
1.2 Поняття моделі у інженерній діяльності	6
1.3 Класифікація моделей технічних об'єктів.....	8
2 МЕХАНІЗМИ МИСЛЕННЯ	12
2.1 Міжпівкулева асиметрія мозку.....	12
2.2 Мислення як багаторівнева система	14
2.3 Особливості мислення людини	19
3 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ПРОБЛЕМИ ІП	23
3.1 Традиційне та системне інженерне проектування.....	23
3.2 ІП як наслідок порушення системного підходу	26
4 ІП НА СТАДІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ	31
4.1 Інженерні помилки при виявленні потреб та формулюванні проблем.....	31
4.2 Інженерне прогнозування	34
5 НЕКОМПЕТЕНТНІСТЬ ЯК ДЖЕРЕЛО ІП	36
5.1 Компетентність виконавців – запорука ефективної праці організації	36
5.2 Рекомендації з формування ефективно працюючих колективів на різних етапах життєвого циклу виробу.....	39
5.3 Соціоніка.....	42
6 ЦІЛЕСПРЯМОВАНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЮДИНИ. ІП ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ	45
6.1 Зовнішні та внутрішні цілі	45
6.2 Помилки при постановці цілі замовником	49
6.3 Уточнення вихідної цілі замовника при складанні технічного завдання	51
6.4 Помилки як невідповідність цілі отриманому результату	54
6.5 Помилки при виборі засобів досягнення поставленої цілі	59
6.6 Характерні помилки при прийнятті рішень	60
6.7 Джерела інженерних помилок у людино-машинних системах	62
7 ЕКОНОМІЧНІ НЕДОРОБКИ ЯК ДЖЕРЕЛО ІП	69
8 ДІАЛЕКТИКА ІП	73
8.1 Позитивні аспекти інженерної помилки.....	73
8.2 Інженерна помилка як ефективний інструмент пізнання та професійного росту інженера	74
ЛІТЕРАТУРА.....	78

1 ІНЖЕНЕРНІ ПОМИЛКИ - НЕВІД'ЄМНА ЧАСТИНА ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Специфіка інженерної діяльності

Специфічною особливістю людської праці є те, що вона потребує застосування знарядь. Людина не впливає на річ, що обробляється, безпосередньо своїми органами, а діє опосередковано через створені ним же самим знаряддя праці, які отримали у подальшому назву «техніка».

Але перш ніж виготовити той чи інший технічний об'єкт, людина повинна була його вигадати, уявити, і тільки потім втілити у матеріалі. Перш, ніж виготовляти виріб, необхідно правильно поставити цілі, знайти засоби для їх досягнення, «побачити» цілком готовий виріб, тобто процесу виготовлення повинен передувати процес продумування. Ці процеси можна розділити у часі й навіть доручити різним людям. Одні придумують та осмислюють майбутній виріб (інженери), інші реалізують ці замисли у матеріалі (техніки, робітники).

Інженер не створює безпосередньо техніку своїми руками, його задачею є визначення потреби у даній техніці, формалізований опис цієї потреби, знаходження замислу нового технічного об'єкта, опис конструкції виробу та технології його виготовлення з такою точністю, щоб його могли виготовити, керуючись тільки описом, який робить інженер; інженери керують підготовкою виробництва, виготовленням нового виробу, експлуатацією, удосконаленням, ремонтом а також утилізацією застарілої техніки.

Результатом інженерної праці завжди є інформація: проекти, описи, звіти, комплекти конструкторської та технологічної документації, програми, інструкції, усні вказівки, розпорядження і т. ін. Діяльність інженера стосується ідеальної (духовної) сфери, хоча й проходить у сфері матеріального виробництва й відноситься до практичної діяльності.

Інженер — зв'язуюча ланка між наукою та виробництвом. Специфіка інженерної діяльності проявляється у особливостях засобів праці, якими він користується. Ці засоби можуть мати як матеріальну (комп'ютери, розмножувальна техніка, пристрої, стенди і т. ін.), так

і духовну (знання, методи, норми, стандарти, інженерний досвід і т. ін.) природу. Однак, основним засобом праці інженера є професійні знання та мислення.

Здебільшого інженер не роздобуває, не отримує ці знання самостійно, а пізнає їх шляхом засвоювання вже відкритих наукою співвідношень, зв'язків, законів. Актуальне використання знань у суцільно технічних цілях – стрижень, на якому тримається само поняття «інженер». Свої професійні знання інженер отримує у «обробленому вигляді», придатними до використання в технічних цілях у вигляді конкретних рекомендацій, залежностей, формул, методик, нормативно-технічної документації і т. ін.

Знання інженера є цінними не самі по собі, а як засіб рішення технічних задач, як знаряддя для створення нових технічних об'єктів (ТО). Інженер повинен «знати, щоб робити».

Однак у техніці людина відбиває не тільки свої знання, але й своє незнання, свої хибні думки, вузькість погляду, свої забобони, свої етичні й моральні норми. Техніка – дитина людства.

Через інженера відбувається впровадження наукових досягнень у виробництво. Він матеріалізує, опредмечує наукові знання. Таким чином, НАУКА – це потенційна техніка, а ТЕХНІКА – опредмечена наука. Впровадження наукових досягнень у техніку є джерелом її прогресивних змін.

Діяльність вченого і діяльність інженера за своїм характером та методами значно різняться, хоча вони й відносяться обидві до ідеальної (духовної) сфери.

Вчений, вивчаючи будь-які явища природи, прагне усунути усе випадкове, заглушити усі «шуми». Він мислить узагальненнями та уводить до розгляду ідеалізовані фізичні моделі, наприклад, абсолютно чорне тіло, необмежену площину, ідеальний газ, абсолютно пружне тіло, відсутність тертя і т. ін. Для цих ідеалізованих моделей, уводячи ще й додаткові умови та обмеження, він отримує точні математичні залежності і співвідношення.

«Дрібниці», якими спокійно зневажають вчені, не можуть не враховуватися інженерами, вони «відроджують» стерильний лабораторний результат у несприятливому виробничому середовищі, ігнорувати яке вони не в змозі.

При вирішенні виробничих задач інженер не усуває сторонні перешкоди, а часто підсилює їхній можливий вплив, уводячи до

розгляду такі категорії, як допуски та посадки, деформація, витрати на тертя, дефекти у кристалічній решітці, процент виходу придатних виробів і т. ін.

Широта і складність інженерного мислення виявляється не у таланті узагальнення, притаманного вченим, а у здатності цільного бачення вирішуваної проблеми, включаючи більшість з її зв'язків з іншим світом. Інженер зобов'язаний враховувати одночасно багато факторів, що охоплюють найрізноманітніші аспекти виробництва та експлуатації. Недоврахування, ігнорування, а іноді просто незнання якихось факторів може привести іноді до важких, непоправних наслідків. При проектуванні нового виробу інженер повинен не тільки уявити собі (а в подальшому відбити це у документації) майбутній виріб, але і його виготовлення, експлуатацію, обслуговування, ремонт. Тому труд інженера складніше (не важче, а саме складніше), ніж труд вченого.

Інженер має справу з «багатомірним» простором, який відбиває усю складність сучасного виробництва, він повинен вміти вирішувати задачі строго обмеженими ресурсами та у задані строки, що в свою чергу потребує від нього здатностей до передбачення та тверезої оцінки обстановки.

Як правило, сучасні інженерні задачі можуть вирішуватися по-різному: ми можемо різними способами закріпити деталь у конструкції, забезпечити захист виробу від корозії, підвищити надійність приладу і т. ін. Парадоксальність інженерної діяльності полягає у сполученні підкреслено конкретного завдання з великою творчою свободою та чималою невизначеністю у виборі рішення.

1.2 Поняття моделі у інженерній діяльності

Світ техніки, що оточує нас, є «минулим» інженерним трудом, існуюча техніка – це матеріалізовані думки, ідеї, знання та досвід інженерів. Те, над чим інженери працюють зараз, – це техніка «майбутнього» дня. Інженери у переважній більшості мають справу не з реальним технічним об'єктом, а з його гіпотетичними моделями, у яких вони силою своєї уяви, спираючись на знання та досвід, відбивають інформацію, необхідну для виготовлення майбутнього технічного об'єкта в умовах виробництва, а також інформацію з його обслуговування та експлуатації.

Комплект конструкторської документації, за яким створюється реальний технічний об'єкт, є повною моделлю цього об'єкта та знаходиться з ним у ізоморфному відношенні.

Два об'єкти вважаються ізоморфними, якщо їхні елементи попарно взаємно рівнозначно зіставлені один з одним, а функції, що виражають відношення між елементами у одній системі взаємно рівнозначно зіставлені з подібними ж функціями у іншій. Однак, ізоморфізм має сенс розглядати тільки відносно деякого фіксованого набору властивостей та відношень.

Різниці між моделлю та модельованим об'єктом існують завжди та виявляються у вигляді якісних та кількісних відмінностей реальних та теоретичних процесів функціонування. Це не завжди чітко простежується та приймається до уваги у інженерній діяльності.

Дуже важливо ясно усвідомлювати закладені у моделі обмеження. Для цього необхідно з'ясувати такі питання: який конкретний дослід вивчення реальної дійсності використаний у моделі? що вона відбиває? розширює вона або ж звужує погляд спеціаліста на реальну дійсність? Причиною ПП може бути те, що моделі не в змозі врахувати усі важливі взаємозв'язки причин та наслідків, характерні для даної ситуації.

Часто наші знання К про реальну ситуацію, проблему (ціль, задачу) не завжди адекватні цій ситуації S (не охоплюють її повністю), тому модель М, яка представляє наші знання, не може дати узагальнених результатів, що могли б адекватно контролювати функціонування реальної ситуації (рис. 1.2).

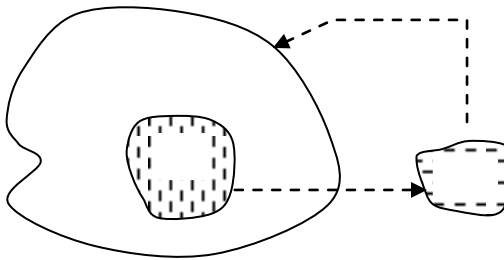


Рисунок 1.2 – Взаємозв'язок ситуації S, наших знань про цю ситуацію K та моделі наших знань М:

S – реальна ситуація,

K – наші знання про цю ситуацію,

M – модель наших знань

В процесі довгого використання тих або інших моделей виникає бажання перенести властивості, притаманні моделі, на реальну систему без досконалої перевірки відповідності моделі процесу, що вивчається, у кожному конкретному випадку. При цьому існує ризик отримати невірні результати або інтерпретувати результати, що отримані у рамках закладених у модель обмежень, на випадок, коли ці обмеження не виконуються.

1.3 Класифікація моделей технічних об'єктів

В процесі розробки відбувається уточнення та конкретизація моделей, фактично створюється ціла низка взаємозв'язаних моделей. З точки зору інженерного підходу проектування є сукупність послідовно змінюваних моделей ТО, які розглядаються у прямому зв'язку з діями, що реалізують ці зміни.

Спочатку інженери створюють моделі високого рівня абстрактності, які відбивають лише потребу у новому ТО та вимоги до його параметрів, потім, у ході робіт ці моделі трансформуються, наповнюються усе більш конкретним змістом, та наприкінці розробки інженери створюють модель майбутнього виробу, що несе повну інформацію про технічний об'єкт. Часто помилка, яка допущена інженером на одному з етапів проектування, може бути вчасно не помічена та виявлена пізніше, іноді при виготовленні, випробуванні або ж навіть під час експлуатації. В цьому випадку приходится повертатися до моделей попередніх етапів та вносити у них відповідні зміни. Тому процес конкретизації моделей не лінійний, а ітераційний.

Усі моделі, які використовують інженери, класифікуються за такими ознаками:

- за способом побудови;
- за ступенем повноти відображення сторін об'єкта;
- за ступенем загальності у відношенні до об'єкта;
- за характером відтворюваних сторін об'єкта;
- за характером передбачень, що забезпечують моделі;
- за придатністю для цілей прогнозування;
- за призначенням.

За способом побудови розрізняють моделі ЗНАКОВІ (символічні) та ПРЕДМЕТНІ (матеріальні). Знакові моделі застосовують для

відображення за допомогою знаків об'єктів різної природи, властивостей цих об'єктів, різних відносин між об'єктами та їх властивостями. Усі симіотичні моделі в свою чергу підрозділяються на МОВНІ (логіко-лінгвістичні – символічні структури, наприклад, логіко-математичні); НЕМОВНІ (наочно-образові, схеми, ескізи, креслення і т. ін.). МАТЕРІАЛЬНІ моделі містять натурні (експериментальні, лабораторні, дослідні зразки об'єктів), геометрично подібні (макети), фізично подібні (моделі з подобою механічною, кінематичною, динамічною та іншими видами фізичної подоби до об'єкта); предметно-математичні – аналогові та цифрові ЕОМ.

За ступенем повноти відображення (уявлення) істотних для будь-якого розгляду сторін об'єкта моделі можуть бути ПОВНИМИ, НЕПОВНИМИ – різного ступеню неповноти за змістом чи обсягом.

За ступенем загальності у відношенні до об'єкта бувають моделі ОПИСИ, призначені відбивати найхарактерніші сторони об'єктів деякого класу (склад важливіших їхніх властивостей), що абстраговані від окремих особливостей об'єктів; моделі ІНТЕРПРЕТАТОРИ, призначені зображувати окремі об'єкти, які входять до складу деякого класу або множини, що враховують особливості їхньої окремої реалізації, вони конкретизовані не тільки у відношенні складу, але й у відношенні значень властивостей; моделі АНАЛОГИ – різні за формою зображення, але рівні між собою за ступенем загальності у відношенні до оригіналу.

За характером відтворюваних сторін об'єкта проектування моделі підрозділяються на субстанціональні, функціональні, структурні, концептуальні, змішані.

СУБСТАНЦІОНАЛЬНІ – відображують об'єкт як деяку цілісність, характеризують простір його можливих станів, зв'язок з середовищем, тобто характеризують об'єкт багатоаспектно, безвідносно до різних можливих цілей його використання. Як приклад таких моделей можуть служити довідники з даними про речовини та матеріали, стандартні елементи конструкції, описи типових проектних рішень будь-якої природи.

ФУНКЦІОНАЛЬНІ – характеризують об'єкт взаємозв'язком та складом його функцій. Модель може мати графічне зображення (у вигляді ієрархічної структури) або математичний вираз (у вигляді матриці) складу та взаємозв'язків функцій об'єкта.

СТРУКТУРНІ моделі характеризують внутрішню організацію об'єктів через кількісну та якісну організацію шляхом опису складу виділених частин (компонентів, елементів), а також схеми стійких зв'язків між цими частинами. Моделі у неявній формі відображують природні процеси (закони природи), а також способи та технічні форми реалізації цих процесів. Ці моделі можуть реалізувати зв'язки різної природи (електричні, механічні, оптичні, хімічні і т. ін.) у просторі та часі, тобто для кожної природи буде своя відповідна модель структури об'єктів. У об'єктах чи моделях об'єктів ідеальної природи розрізняють КОНЦЕПТУАЛЬНУ (семантичну, змістовну) та ЗНАКОВУ (синтактичну) структуру.

ЗМІШАНІ моделі. Підрозділяються на функціонально-структурні та структурно-функціональні. Функціонально-структурні моделі відображують відношення типу функція-структура. Цим моделям притаманна певна багатозначність, бо одна й та ж функція або їх набір можуть бути реалізовані невизначеною кількістю структур. Модель структурно-функціональна характеризує простір можливих функціональних станів об'єкта проектування для обраного принципу побудови цього об'єкта. Ступінь визначеності у цій моделі значно вище, тому вона менш багатозначна, аніж функціонально-структурна модель.

За характером передбачень властивостей моделі підрозділяються на ОДНОЗНАЧНО-ДЕТЕРМІНОВАНІ та ВІРОГІДНО-СТАТИСТИЧНІ.

За придатністю для прогнозування – ПРИДАТНІ та НЕПРИДАТНІ.

За призначенням – ЦІЛЬОВІ та ПРОДУКТИВНІ.

Цільові моделі відображують ціль створення, призначеність об'єкта проектування, характеризуючи систему об'єкт – середовище у термінології тих їхніх властивостей та відносин, які визнані важливими для споживачів, та мотивів, що викликали необхідність створення даного об'єкта. Глобальна ціль створення нового технічного об'єкта припускає досягнення деякого набору окремих цілей. Окремі цілі за ступенем їх важливості утворюють ієрархію, багато з них суперечливі, деякі цілі не можна виразити кількісно. Узгоджена цільова модель являє собою узагальнений опис об'єкта проектування і є обов'язковою для усіх зацікавлених сторін: замовника, проектувальника, виробника, споживача.

Продуктивні моделі є підмножиною наочно-образових та знакових моделей-інтерпретаторів (субстанціональних, структурних,

функціональних, змішаних і т. ін.), наданих у формі технічної документації на об'єкт та його елементи (складові одиниці, деталі, технологічні операції, матеріали і т. ін.). Документація повинна містити усі відомості, які необхідні та достатні для виготовлення або використання об'єкта проектування у виробничих умовах.

Класифікація модельних уявлень об'єктів проектування наведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація модельних уявлень об'єктів проектування

Критерії класифікації	Клас моделей
1	2
Характер відтворюваних сторін об'єкта	Субстанціональні. Функціональні. Структурні. Функціонально-структурні. Структурно-функціональні.
Ступінь повноти відображення сторін об'єкта, що розглядаються	Повні за змістом та/або обсягом. Неповні (різного ступеню неповноти) за змістом та/або обсягом.
Ступінь загальності у відношенні до об'єкта	Моделі-опису. Моделі-інтерпретатори. Моделі-аналоги.
Характер передбачень, що забезпечує модель	Однозначно-детерміновані. Вірогідно-статистичні.
Призначення	Цільові. Продуктивні.

2 МЕХАНІЗМИ МИСЛЕННЯ

2.1 Міжпівкулева асиметрія мозку

Для більшості людей, так званих «правшей», ліва півкуля добре розуміє мову, як усну, так і письмову, оперує математичними формулами в межах засвоєних правил і формальної логіки. З діяльністю цієї півкулі пов'язується абстрактне, логічне мислення, основним принципом якого є визначеність й однозначність. Лівопівкулеве мислення організує будь-яку інформацію у вигляді однозначного тексту, що більш-менш однаково розуміється людьми, воно формалізує, усуває багатозначність і розпливчастість, дозволяє проникнути в сутність явища, розкрити й установити невидимі оку зв'язки і відносини. Інформація, аналізована лівою півкулею, спрощена, звільнена від багатьох «зайвих деталей».

Природно, об'єктивна дійсність, що містить необмежену кількість зв'язків між предметами і явищами, не може бути адекватно відбита лівою півкулею мозку.

Права півкуля сприймає світ у всій його суперечливості і багатозначності, реалізує мислення на рівні почуттєвих образів, загального охоплення, дізнаванням ситуації, воно працює з усім багатством і різноманітністю конкретного, з ним зв'язані здогади, ідеї, гіпотези, припущення і т. ін., а також фантазія, уява, інтуїція. Образне мислення дозволяє людині відкривати нове, висувати «божевільні ідеї» саме завдяки хиткості, мінливості і неоднозначності образів.

Звичайно у людей розвинуті обидві форми мислення. Встановлено, що в дитячому віці спостерігається деяка перевага правої півкулі, але надалі в процесі навчання відбувається в основному тренування лівої півкулі, тому що все навчання в середній і вищій школах орієнтоване на розвиток логіко-мовного мислення, а становлення образного мислення, на жаль, віддано на самоплив.

Переважає розвиток формально-логічного мислення збіднює людину. Логічне мислення дуже правильне, однозначне, воно не визнає півтонів, відтінків, для нього існує лише «так» чи «ні», «істинно» чи «помилково» – усе це добре, коли ситуації прості. Але більшість життєвих ситуацій не укладається в «прокрустово ложе» формальної логіки. Логіка не може врахувати усі сильні і слабкі

сторони об'єкта, явища, указати вихід з тупиків, створених альтернативним підходом. У складних життєвих ситуаціях недостатньо розвинуте образне мислення не в змозі прийти на допомогу людині, підказати їй стратегію поведінки.

Тому необхідно ліквідувати перекіс у навчанні, спрямований на розвиток і тренування логічного мислення і з не меншою енергією і завзятістю розвивати образне мислення, настільки необхідне всім інженерам, яким за родом своєї діяльності доводиться оперувати образами, задумами, чия праця зв'язана з гнучкістю, неупередженістю мислення, із творчим пошуком.

Природа обдарила нас двома півкулями для того, щоб людина могла за допомогою правої півкулі сприймати і мислити у своїй свідомості світ конкретно у всіх його подробицях і в той же час за допомогою лівої півкулі сприймати цей світ абстрактно й узагальнено. Тільки спільна їхня праця призводить до гармонії. Але ця гармонія своєрідна, вона виявляється не в допомозі однієї півкулі іншій, не в їхньому співробітництві, а в суперництві, прагненні обмежити активність і можливості іншої.

Чому одна півкуля заважає іншій виконувати свої функції щонайкраще? Які причини їхньої активної протидії? Чому активність однієї півкулі різко зростає, коли друга відключена? Уся справа в тому, що активність кожної півкулі може змінюватися у досить широких межах від повного гальмування до максимально можливої активності. Для збудження вимагаються витрати нервової енергії, і чим вище рівень збудження, тим більше ці витрати. Мозок дуже ощадливо витрачає свою енергію, і в кожен момент часу, у залежності від складності розв'язуваної задачі, установлює певний баланс між активністю лівої і правої півкуль, при цьому завданням впливу півкуль, що заважає, є стримування активності і тієї, і іншої. Така стратегія дозволяє в звичайних, знайомих ситуаціях домагатися найкращого співвідношення між мисленням абстрактним і образним при мінімальних витратах енергії, а в аварійних, критичних ситуаціях, викликаних зміною обставин, миттєво перекидати резерв до потрібної півкулі.

2.2 Мислення як багаторівнева система

Багаторівнева модель мислення представлена на рис. 2.1. Аналізуючи модель мислення, зображену на рис. 2.1, можна зробити висновок, що мислення містить у собі *сферу неусвідомленого* і *сферу усвідомленого*. Сфера усвідомленого багаторівнева; компонентами цієї сфери є операційний, предметний, рефлексивний, особистісний рівні мислення. Сфера неусвідомленого містить у собі підсвідомість і надсвідомість.

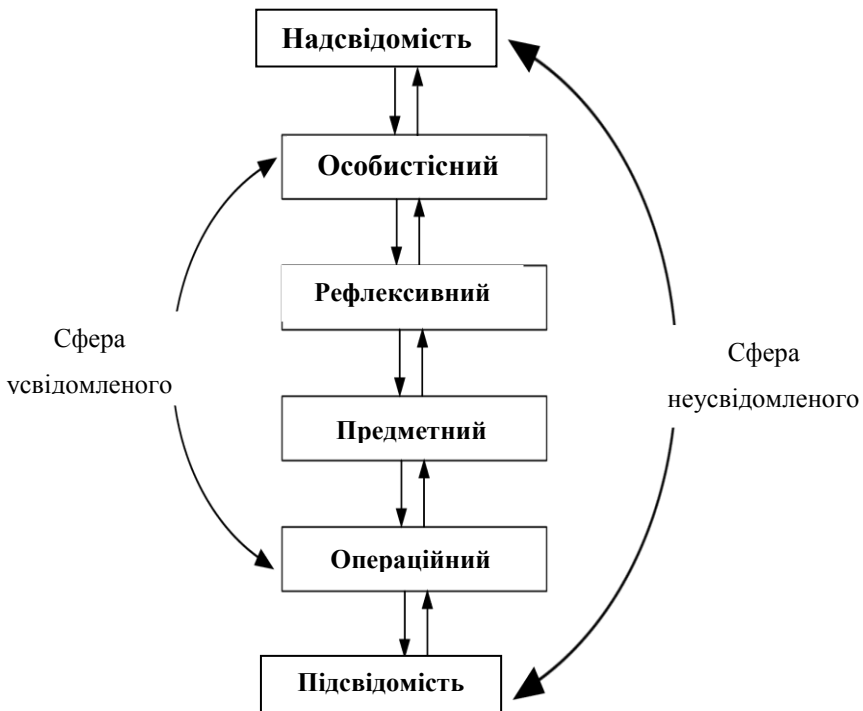


Рисунок 2.1 – Багаторівнева система мислення

Думка людини дуже динамічна, і в сфері її уваги можуть бути об'єкти різної природи і складності. У залежності від того, на що спрямовано

думку, можна зробити висновок про рівень, на якому проходить мислення.

При мисленні на *операційному рівні* думка фіксується на окремих конкретних діях. Характерними ознаками цього рівня є скороченість, автоматизованість повторюваних дій. Автоматизованими можуть бути як окремі дії, так і їхні комбінації. Прикладом мислення на операційному рівні є розрахунок на мікрокалькуляторі за відомими формулами. Характер перетворюваного матеріалу може бути при цьому яким завгодно.

Предметний рівень. Об'єктом мислення виступає сама дійсність, з якою зіштовхується людина, вирішуючи виниклу перед нею проблему. Вона повинна проаналізувати саму ситуацію, з'ясувати, що ж вона повинна одержати, якими ресурсами вона володіє, і які умови й обмеження вона повинна узяти до уваги. На основі аналізу виробляється орієнтовний план подальших дій, на основі наявних за даним предметом знань оцінюється, за допомогою чого, спираючись на що можна досягти поставленої мети.

Рефлексивний рівень. Даний рівень мислення виявляється тоді, коли думка людини спрямована не на об'єкт діяльності, а на власну думку (саморефлексія) чи на думку іншого. Усвідомлюючи свої дії, подумки виділяючи й оцінюючи їх начебто відсторонено, можна звільнитися від колишнього досвіду, піднятися над ним, зробитися вільним стосовно нього.

Рефлексія звичайно починається із сумніву, коли звичні прийоми дії не «спрацьовують». Дія, що чомусь не виходить, повинна бути осмислена, щоб стати об'єктом розгляду. При очевидності дій і відсутності утруднення рефлексія людині просто не потрібна.

Особистісний рівень. Вершину ієрархії рівнів мислення утворює особистісний рівень, тому що мислить не якийсь абстрактний вирішально-лічильний пристрій, а конкретна людина, зі своїми індивідуальними особливостями. При розв'язуванні кожної конкретної задачі відбувається зв'язок цієї задачі з усім попереднім досвідом, проводяться паралелі, що удаються неможливими, зв'язуючи непов'язане, порівнюючи непорівняне. При мисленні на особистісному рівні виявляється специфіка людського підходу до вирішення інтелектуальних задач, його відмінність від послідовних операцій, реалізованих комп'ютером. Відзначимо три важливі функції особистісного рівня мислення.

По-перше, особистісний рівень – «джерело енергії», у ньому закладений фактор продовження (припинення) дії. По-друге здійснюється підключення розв’язуваної задачі до усього раніше накопиченого досвіду, тобто на цьому рівні відбувається вихід за межі конкретної ситуації, обумовленою розв’язуваною задачею. По-третє, особистісний рівень – це «фільтр», що аналізує інформацію, яка надходить ззовні, і виділяє з неї ту її частину, ті проблеми і задачі, що становлять інтерес для даної людини і особисто значні для неї. Якщо інформація, що надходить, «не цікава», «не знайома», то блокується робота усіх рівнів мислення.

Мислення на особистісному рівні потребує деяких коментарів. Справа у тому, що реальна дійсність є джерелом величезного (часто нескінченного) обсягу інформації. Людина через свою обмеженість не може, (та це їй і не потрібно), сприймати й обробляти всю цю інформацію, вона сприймає тільки ту, котра їй цікава, необхідна для вирішування її проблем і задач. Створюється враження, що якийсь внутрішній фільтр аналізує, сортує інформацію, що надходить, і виділяє тільки ту, котра цікава, особисто значна для людини.

В одній і тій же ситуації різні люди бачуть і чують кожний своє, порівнюючи сприйняте зі своїм минулим досвідом, майбутніми цілями, своїми мотивами й інтересами.

Ми дуже часто бачимо щось саме таким не тому, що воно таке, а тому, що ми знаємо, яким воно повинно бути. Минулий досвід владно диктує свою волю. Чи погано це? У більшості випадків саме навпаки. Адже досвід дозволяє нам передбачати можливі наслідки, і ми приймаємо рішення впевненіше, швидше, краще пристосовуємося до світу, у якому живемо, ефективніше в ньому працюємо. Звичайніші події здаються більш дійсними, ніж менш звичайні.

Щоб потрібна нам інформація була сприйнята іншим (іншими), необхідно, щоб вона була сприйнята на особистісному рівні мислення, була цікава йому. Якби розумні речі, можливо навіть у край необхідні майбутнім інженерам, не подавав аудиторії викладач, вони залишаться не сприйнятими і не почутими, якщо студенти чомусь вирішать, що це їм не потрібно, а тому і не цікаво. Істина завжди не в словах того, хто говорить, а у вухах того, хто слухає.

Люди усвідомлюють і розуміють тільки те, на що звернули свою увагу. Якщо відвернути увагу людини від чого-небудь, то цей об’єкт не дійде до

її свідомості. Наприклад, студенти звернули увагу на те, що знання не дають грошей і положення в суспільстві і перестали учитися.

Окремі рівні мислення зв'язані одне з одним прямими і зворотними зв'язками (рис. 2.1). Наявність цих зв'язків обумовлена великою динамічністю мислі, здатністю її переходити з рівня на рівень, багаторазово повертатися до аналізованого і продуманого.

Часто інженер зіштовхується із ситуацією, що здається йому знайомою. Він актуалізує відповідні знання і за допомогою відомих йому операцій намагається вирішити задачу, але рішення не виходить, він знову застосовує відому стратегію, і знову невдача. Відбувається «зациклення», кружляння мислі по колу. Людина «внутрішньо» упевнена у тому, що у даній ситуації необхідно застосовувати саме цей спосіб чи метод рішення, навіть не намагається шукати інші підходи. Безуспішне повторення тих самих операцій, багаторазові невдачі призводять до марної втрати часу і можуть служити причиною невиправданого відмовлення від пошуку рішення.

Феномен зациклення може проявитися на будь-якому рівні руху мислі, або на двох будь-яких рівнях відразу. Необхідно знати про таке явище, як «зациклення» у розумовій діяльності, щоб не піддаватися паніці, коли задача не вирішується і у наявності рух за колом, і щоб уміти виходити з утвореного циклу. Якщо на якомусь рівні утворився цикл, то найкраще припинити дії на даному рівні, зробити зупинку, блокувати думку. Блокування виводить мислення на інший рівень роботи і створює необхідні передумови для рішення. Зачиклення направлене на збереження, продовження обраної стратегії дії, а блокування – на зміну, заперечення її.

Мислення здійснюється дуже ощадливим способом. Коли задача відома і розв'язування її здійснюється стереотипним шляхом, то включаються лише нижні рівні мислення. Коли ж відомі способи не приводять до бажаного результату, то мислення захоплює і верхні рівні. Перехід мислення на більш високий рівень завжди супроводжується розширенням пошукового поля, тобто залученням більшого досвіду і знань, ніж ті, котрі спочатку асоціювалися з розв'язуваною задачею.

Людська діяльність здебільшого знаходиться під контролем свідомості, ми завжди звертаємось до неї, коли необхідно оцінити ситуацію, сформулювати задачу, прийняти рішення і так далі, і щораз мислення виконує величезну роботу з дослідження й аналізу мінливої ситуації. Якщо ж ситуація штатна і процеси повторюються багаторазово, то щораз

піддавати їх аналізу було б нераціонально і марнотратно. Тому природа передала керування процесами, що підлягають автоматизації, підсвідомості, тобто тому, що знаходиться за свідомістю, тим самим розвантаживши її. Процеси, керовані підсвідомістю, виконуються чітко і швидко, і навпаки, у них помічаються зриви і збої, коли ми починаємо задумуватися, як же ми це робимо. (Стонога розучилася ходити, коли задумалася над тим, як вона переставляє свою двадцять шосту ногу і при цьому не наступає на двадцять п'яту).

Коли зіштовхуємося з відомою, знайомою ситуацією, наша свідомість не аналізує її, думка відразу видає заздалегідь заготовлене рішення, що раніше вже було гарно усвідомлено і зберігається в структурах мозку.

До неусвідомлених проявів діяльності мозку відносяться також здогадки і гіпотези вчених і інженерів, осяяння художників, інтуїція і взагалі уся творча діяльність людини. Природа цих процесів, хоча вони і лежать поза сферою нашої свідомості, істотно відрізняється від того, що відноситься до підсвідомості. Уперше термін «надсвідомість» увів К. Станіславський, розуміючи під «надсвідомістю» вищий етап творчого процесу, відмінний як від свідомих, так і несвідомих компонентів.

Уведення поняття «підсвідомість» дозволило розмежувати дві сфери неусвідомлюваної психічної активності – несвідомого і надсвідомого. Несвідоме базується на минулому досвіді і цілком їм визначається, надсвідомість обумовлена потребами майбутнього і спрямована на усвідомлення того, чого ніколи не було в особистому і колективному досвіді. У техніці усі винаходи, відкриття, нові технічні рішення й інші продукти технічної творчості зобов'язані своєю появою роботі мислі на рівні надсвідомості.

На закінчення необхідно відзначити, що традиційна схема навчання – це тріада

ЗНАННЯ + УМІННЯ + НАВИЧКИ

Перехід до навчання, що охоплює всі рівні мислення, трансформує цю схему в більш повну і більш продуктивну (рис. 2.2).

Для підвищення якості підготовки інженерів необхідно при їхньому навчанні звернути найсерйознішу увагу на компоненти «хочу» і «можу», а також на всілякий розвиток їхніх творчих здібностей.

ХОЧУ – МОЖУ – ЗНАЮ – УМІЮ

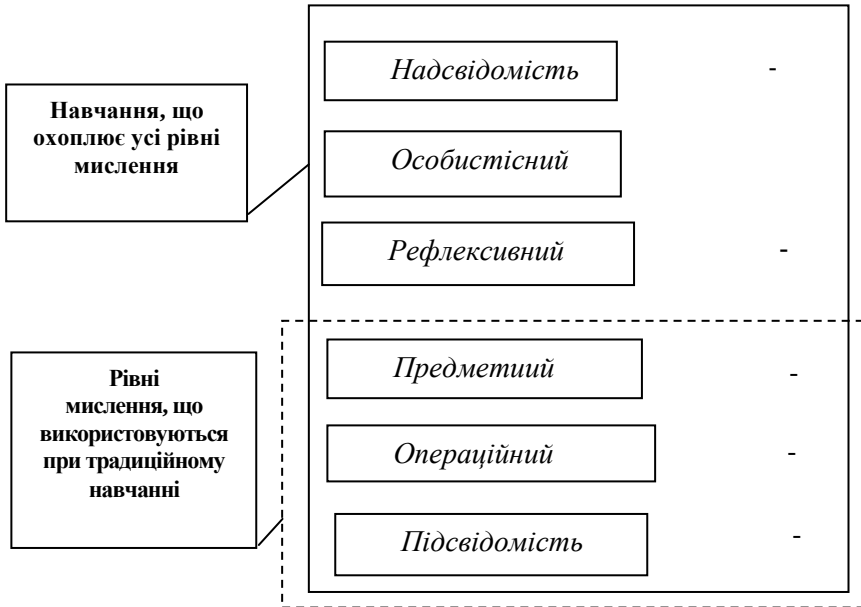


Рисунок 2.2 – Навчання, що охоплює всі рівні мислення, і традиційна схема навчання

2.3 Особливості мислення людини

Розглядаючи особливості людського мислення, слід зазначити, що воно:

Односпрямоване. Людина не може одночасно вирішувати задачу і думати над тим, як вона її вирішує, коли ж вона починає аналізувати, як вона вирішує задачу, то просто перестає її вирішувати. Якщо задача вирішена, то людина і сама не знає як вона знайшла рішення, як прийшла до нього, як здогадалася.

Вірогідне. Коли людина зустрічається з новою задачею, то насамперед вона намагається визначити, на яку раніше розв'язувану задачу ця задача схожа чи близька до неї, а потім послужливий мозок «підказує» той шлях рішення, що гарантує найбільшу імовірність досягнення успіху. Мозок націлює людину на відомий, апробований,

шаблонний шлях рішення. Знайшовши рішення, мозок перестає шукати інші шляхи і варіанти рішення. Навіщо шукати, коли рішення знайдене.

Особистісне. Відшукавши рішення, людина не тільки перестає шукати інші рішення, але найчастіше просто не сприймає інші варіанти рішення, запропоновані кимось. Своє рішення їй здається найкращим, і часом вимагаються дуже вагомі аргументи, щоб довести перевагу іншого підходу.

Емоційне. Уся робота, виконувана людиною, має емоційне зафарблення на противагу роботі, виконуваною технікою.

Навіюване, критичне.

Обмежене. Одночасно в полі зору людини може знаходитися 7 ± 2 смислових компонентів. Одна з розповсюджених причин помилок при створенні техніки полягає у тому, що інженер забуває про якісь вимоги, обмеження, упускає з виду істотні властивості і параметри. Це часом відбувається не через недбалість чи неуважність, а через специфічні особливості нашого мислення.

Мислення – процес складний і неоднорідний, існує безліч моделей, градацій і класифікацій цього феноменального явища, однак варто мати на увазі, що будь-яка класифікація мислення буде груба і неточна, тому що мова йде про моделювання вищої форми руху матерії. Однак, окремі аспекти мислення можна проаналізувати, користаючись порівняно простою класифікацією.

Мислення *словесно-логічне* функціонує на базі мовних засобів і характеризується використанням понять, логічних конструкцій. За допомогою слів інженер виражає, матеріалізує свої задуми, висловлює гіпотези, здійснює узагальнення. Це один з основних видів мислення.

Значну роль у діяльності інженера відіграє *образне* чи *наочно-образне* мислення. Інженер часто змушений уявляти собі ті чи інші ситуації, проводити в них зміни і перетворення, установлювати незвичні і неймовірні для себе сполучення предметів і їхніх властивостей. В образі можливе бачення предмета з декількох точок зору, уявне оперування образами різних технічних деталей, вузлів у тривимірному просторі. Він легко може уявити собі об'ємний механізм будь-якої складності, розглядаючи його плоскі проекції на кресленні. Іноді це бачення буває більш чітким і ясным, ніж при розгляді механізму в натурі.

Виконання цілого ряду робіт потребує від інженера мислення *наочно-діючого*, коли рішення задачі здійснюється за допомогою

спеціального фізичного перетворення ситуації. Інженер може маніпулювати як матеріальними предметами, так і їхніми зображеннями, наприклад, переміщаючи на екрані дисплея зображення елементів конструкції, орієнтуючи їх один відносно одного. У багатьох випадках виготовлення навіть грубих моделей і маніпулювання ними дозволяє більш глибоко зрозуміти фізичну суть явищ. Навіть Архімед знайшов свій чудовий закон, скориставшись результатами свого натурного експерименту.

Розрізняють також *теоретичне і практичне* мислення.

Практичне мислення зв'язане з постановкою цілей, виробленням планів, проектів. Спрямоване, в основному, на рішення часткових, конкретних задач і дуже часто проходить в жорстких умовах при гострому дефіциті часу і засобів. Можливість всебічного пророблення і перевірки гіпотез на практиці більш обмежена, ніж при теоретичних вишукуваннях, тому що істина встановлюється не в експериментах, а на самій конструкції. Цей вид мислення є домінуючим у порівнянні з теоретичним. Необхідність рішення багатьох виробничих задач в обмежені проміжки часу, уміння вирішувати «незаплановані» задачі, що виникають по ходу діяльності; наявність здатності застосовувати увесь запас знань у даній конкретній ситуації й уміння актуалізувати саме ту систему знань, що необхідна для вирішування створеної ситуації, необхідність імовірнісного підходу при виборі оптимального рішення — усе це робить практичне мислення оперативним за своїм характером.

Теоретичне мислення в основному притамане людям науки і спрямоване, головним чином, на дослідження властивостей об'єктів, виявлення закономірностей, відкриття законів.

Мислення *інтуїтивне й аналітичне (логічне)*.

Аналітичне мислення розгорнуте в часі, має чітко визначені етапи, у значній мірі представлене у свідомості самої мислячої людини.

Інтуїтивне мислення характеризується швидкістю проходження, відсутністю чітко визначених етапів, є мінімально усвідомленим.

Незважаючи на яскраво визначену полярність цих двох видів мислення, необхідно відзначити їх невіддільність, нерозривність, вони неначе продовжують і доповнюють одне одного. Людина здебільшого виводить істину за допомогою строгих логічних доказів і ланцюга суджень, що виходять одне з одного, але це не може відбуватися

нескінченно, таким чином одержати абсолютно нові знання неможливо. Прорив у невідоме відбувається шляхом безпосереднього бачення істини, минаючи логіку, а найчастіше і всупереч існуючій логіці.

Мислення репродуктивне і продуктивне.

Репродуктивне мислення виявляється при вирішенні задач знайомої інженеру структури. Якщо вироблена міцна навичка вирішення задач певної структури, то саме рішення може бути здійснене відразу. Але будь-яка практична задача, якою б не була вона знайомою, усе-таки чимось відрізняється від раніше вирішених задач, тому потрібна певна розумова діяльність зі зміни змісту задачі. Ефективність репродуктивного мислення визначається наявністю в людини вихідного мінімуму знань. Якщо ж знань в інженера не вистачає, щоб вирішити нову задачу відомими способами, то виникає потреба в пошуку нових шляхів, тобто в переході до продуктивного мислення.

Продуктивне мислення може відштовхуватися від колишнього досвіду, але виходить за його межі, відкриває нові знання і на їх основі відшукує шляхи вирішення нових складніших задач. Але, щоб відкривати нове, необхідно добре володіти старим, мати широкий обсяг знань, що знаходяться в стані готовності до актуалізації (витягу з пам'яті) відповідно до поставленої мети. Багато хто підкреслює негативну роль минулого досвіду, що сковує пошук нового, це дійсно так, але і тут неприпустимий однобічний підхід, тому що міцність знань, уміння їх швидко відтворювати з пам'яті, залежить цілком від репродуктивного мислення.

3 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ПРОБЛЕМИ ІІІ

3.1 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.

1) 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.

2) 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.

3) 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.

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

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

6) 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. 3.1).

Таблиця 3.1 – 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. 3.1

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.

3.2 III як наслідок порушення системного підходу

Передумовою до початку інженерної діяльності є виникнення потреби в новому чи досконалішому технічному об'єкті.

Донедавна інженери прагнули знайти такі рішення, що здатні були задовольнити цю потребу, яка часто лежить на поверхні, не замислюючись про ті вторинні наслідки, що можуть виникнути при цьому. Часто, досягаючи найближчої мети в процесі своєї діяльності, вони зненацька для себе зіштовхувалися з такими небажаними наслідками, яких спочатку і не припускалися, і витрати від яких нерідко були сумірними з тими вигодами і перевагами, що давало нове рішення.

У недалекому минулому на річці Дніпро було побудовано каскад гідроелектростанцій, створено мережу штучних морів, що дозволило одержати порівняно дешеву електроенергію. Але наявність великої кількості води в штучно створених морях – озерах призвело до того, що в даний момент близько 20% родючих земель України виявилось в зоні підтоплення ґрунтовими водами. Подібних прикладів можна привести безліч.

Такий стан справ призвів до того, що в думках інженерів, які створюють нову техніку, відбулося помітне психологічне зрушення, змінилося саме інженерне мислення, сам підхід до справи.

«...Розробник починає свою діяльність не з пророблення технічного завдання, а з аналізу тих наслідків, що викликає поява нового виробу, тобто він приймається за свою роботу не з традиційного початку, а немов би з кінця».

Такий підхід до створення нової техніки одержав назву системного. Основні особливості системного підходу полягають у тому, що будь-який об'єкт, процес, явище розглядаються як система; будь-яка система складається з елементів, їхніх властивостей, а також зв'язків між цими елементами. Основна властивість системи – її

цілісність. Не можна розглядати й аналізувати окремі елементи системи окремо від інших її елементів і від самої системи в цілому.

Система має більший набір властивостей, ніж сукупність властивостей усіх її елементів, тому жоден з елементів системи не може виконати ту функцію, що здійснює система. У протилежному випадку інші елементи були б не потрібні, якщо і без них можна здійснити бажану функцію.

Усе, що взаємодіє із системою (усе, що діє на систему і на що діє вона сама), є її оточенням або зовнішнім середовищем. Саме оточення формує потребу в нових системах, висуває вимоги до параметрів і характеристик системи. У відриві від оточення не можна судити про те, гарна чи погана дана система, неможливо розглядати й аналізувати систему без її зовнішнього середовища. Чим краще узгоджена система зі своїм оточенням, тим вона досконаліша.

Одна з розповсюджених інженерних помилок при проектуванні нового виробу (нової системи) полягає в тому, що дуже часто, починаючи роботу, інженери ігнорують багато факторів оточення, або не звертають на них уваги через численні причини: через недостачу часу для проведення глибокого аналізу, або ж через незнання чи некомпетентність, чи через якісь інші причини.

Оточення визначає граничні умови технічних систем. З оточення черпаються факти для прийняття усіх видів рішень, а також усі ресурси, необхідні для нових розробок; про якість вибору можна судити тільки через оцінку системи в її оточенні.

Неможливо створити для усіх інженерних розробок універсальний список факторів оточення, що повинен враховувати інженер, не можна також указати, які фактори є головними, а які – другорядними. У кожному конкретному випадку цю задачу вирішує тільки сам інженер. Але найчастіше йому приходится враховувати наступні фактори оточення: існуючі і функціонуючі в даний час системи, умови експлуатації, сучасний технічний рівень, природне оточення, виробництво, стандартизацію, індивідуальні людські фактори й ін. Зупинимося на розгляді можливих ІП при аналізі стану оточення.

Будь-яка нова система якийсь час повинна працювати з уже існуючими системами, тобто повинна бути з ними узгоджена. Відсутність такого узгодження викликає певні труднощі при розробці, виробництві, обслуговуванні, ремонті. Помилка може полягати в тому, що в погоні за новизною інженер відмовляється від запозичення

тих технічних рішень, що добре себе зарекомендували в уже функціонуючих системах-аналогах, хоча в наявності існує великий обсяг інформації про надійність, вартість, експлуатаційні характеристики цих рішень. Кожне нове покоління системи даного класу відтворює сукупність основних функцій попередніх систем, тому важливо вивчення прототипів. До того ж використання відомих технічних рішень скорочує час на розробку технічної документації нових систем.

З іншого боку, некритичне запозичення відомих технічних рішень із систем-аналогів може призвести до того, що ті ж самі помилкові чи малоефективні рішення (це в першу чергу відноситься до неявних і прихованих помилок: зайве енергоспоживання, матеріалоемність, низька технологічність, завищена вартість і т. ін.) переносяться багато років з однієї розробки в іншу. Щоб уникнути цього небажаного явища, необхідно при створенні нових технічних систем проводити серйозний аналіз достоїнств і недоліків прототипів, домагатися їхнього глибокого функціонального розуміння. У цьому істотну допомогу може зробити застосування функціонально-вартісного аналізу (ФВА) вже існуючих виробів-аналогів. Перевагою ФВА є те, що він дозволяє виявляти усі види зайвих ресурсів і надавати рекомендації з їх усунення.

ІП може виявлятися в тому, що розробник, створюючи новий технічний виріб, не враховує особливості підприємства, на якому буде виготовлятися цей виріб, кваліфікацію його співробітників, стан устаткування, наявність «вузьких місць» конкретного підприємства, застосовувані технологічні процеси і т. ін.

Але те, що технологічне для одного виробництва, може виявитися далеко нетехнологічним для іншого.

ІП виникають і тоді, коли розробник не зумів правильно оцінити тип виробництва, серійність виробу, що випускається. Наслідком такої помилки може з'явитися необхідність у переробці частини технічної документації, виготовленні нового оснащення, освоєнні нових технологічних процесів і т. ін.

Якщо інженери, створюючи новий виріб, не враховують складних явищ взаємодії цього виробу з об'єктом його установки й експлуатації, то це також може призвести до серйозних помилок. В інженерній практиці можливі три варіанти такої взаємодії:

I варіант. Об'єкт установки відіграє переважну роль у порівнянні з технічним об'єктом. В цьому випадку технічний об'єкт ніяким чином не повинен порушувати чи погіршувати основні тактико-технічні характеристики об'єкта установки.

II варіант. Головну роль грає технічний об'єкт, а об'єкт установки призначений забезпечити та зберегти або хоча б не погіршити характеристики цього об'єкта. Апаратура, що приймає радіовипромінювання з глибокого космосу від віддалених від нас галактик, повинна мати дуже високу чутливість, максимально можливу, яку можна забезпечити на сучасному етапі розвитку чутливості радіоапаратури за рахунок впливу об'єкта установки.

III варіант. Варіант компромісу, коли враховуються вимоги й обмеження як технічного об'єкта, так і об'єкта установки.

Великий спектр III можливий і у випадках, коли творці нової техніки не враховують (або залишають поза увагою) здатності і можливості людини, що взаємодіє з технікою, її фізіологічні і психологічні особливості. Створюючи нову техніку, інженери не тільки формують потрібні властивості, функції, можливості, але вони регламентують, визначають дії і діяльність багатьох людей, що конструюють, виготовляють, експлуатують і обслуговують цю техніку. Інженери-проектувальники повинні виходити з передумов, що людські помилки неминучі, що людина не може постійно ідеально виконувати свої обов'язки, тому неможливо заздалегідь передбачити усі ситуації, що можуть призвести до помилок, неможливо створити рецепти задля їхньому запобіганню. Ще на початку минулого століття Морський технічний комітет випустив циркуляр №15, у якому говорилося: «Ніяка інструкція не може перерахувати усі обов'язки посадової особи, передбачити усі окремі випадки і дати надалі відповідні вказівки. А тому панове інженери повинні виявляти ініціативу і, керуючись знанням своєї спеціальності і користю справи, додавати усіх зусиль для виправдовування свого призначення.»

Інженери, що створюють техніку, повинні прагнути до таких рішень, що передбачали б зменшення ймовірності появи людських помилок, при виникненні ж помилок бажано, щоб прийняті конструктивні рішення зм'якшували їхні наслідки і не приводили до відмов, поломок, аварій та катастроф. Коли ж самі по собі помилки не є наявними, їх важко помітити і вчасно вжити належних заходів, бажано, щоб люди, що мають відношення до цієї техніки, одержували би сигнал про їхню появу.

Нерідко при розробці нового виробу порушуються окремі положення системного підходу. Зокрема, деякі характеристики, властивості майбутнього виробу, що замовник чи розробник вважають визначальними, аналізуються і розглядаються окремо від інших, тим самим порушуються їхній взаємозв'язок і взаємозумовленість.

Проведений аналіз показав, що ігнорування окремих факторів середовища, невраховування їхнього впливу на систему призводить до появи багатьох інженерних помилок на усіх етапах життєвого циклу системи. Труднощі в аналізі оточення системи зростають багаторазово, коли розробники змушені досліджувати гіпотетичне оточення ще не існуючої системи. Випадок найбільш розповсюджений в інженерній практиці, тому що діяльність інженера орієнтована на створення техніки завтрашнього дня. Те, над чим він працює сьогодні, буде функціонувати в майбутньому, і параметри та властивості розроблювальної сьогодні системи повинні відповідати стану і вимогам її середовища в майбутньому.

4 ІІ НА СТАДІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ

4.1 Інженерні помилки при виявленні потреб та формулюванні проблем

Будь-яка раціоналізація, будь-які інноваційні процеси починаються з виникнення потреби в проведенні деяких змін. Необхідність у змінах диктується або сучасним станом справ, або передбачається, що потреба в тих чи інших змінах виникне в майбутньому. Коли ж потреба в змінах відсутня, то ніяких змін не потрібно.

Під потребою розуміють «стан напруження чи нерівноваги в оточенні, що породжує прагнення до поведіння, спрямованого на зняття напруження чи на відновлення рівноваги».

Причиною, що породжує потребу в раціоналізації, є невідповідність об'єкта раціоналізації стану і вимогам навколишнього середовища. Ці причини можуть мати як зовнішній, так і внутрішній характер. До зовнішніх причин можна віднести прагнення до впровадження нових технологій, наукових відкриттів, досягнень, винаходів, застосування більш ефективних засобів праці і т. ін. Причини, що мають внутрішній характер, дуже різноманітні, наприклад, високий відсоток браку, безліч рекламацій, складність технологічного процесу і т. ін.

Щоб уникнути чи хоча б зменшити кількість ІІ на етапі з'ясування потреби, необхідно знайти відповідь на наступні чотири питання:

- у чому саме полягає потреба виробництва?
- якими є різні способи задоволення виявленої потреби?
- якою є ефективність використання кожного способу задоволення потреби?
- якою є відносна доступність кожного способу?

Отримавши відповіді на ці питання, варто вибрати варіант із найбільш вигідною комбінацією ступеня ефективності і доступності.

Якщо відомі шляхи задоволення виниклої потреби, то їхнє використання дозволить порівняно просто її задовольнити. Коли ж ми не маємо потрібної інформації про шляхи задоволення потреби, то виникає проблема. Розбіжність між бажаним і дійсним називається проблемою.

Проблеми можна розділити на первинні і вторинні. Складовими елементами первинних проблем є цільові характеристики й

обмеження. Наприклад, скорочення транспортних витрат з урахуванням наявних транспортних засобів і необхідності перевезень певної кількості вантажів.

Вторинні проблеми повинні розглядатися як взаємозалежна система окремих способів вирішення первинних проблем (наприклад, збільшення обсягу перевезень шляхом раціоналізації схеми транспортування чи зниження транспортних витрат і прискорення перевезень за рахунок упровадження системи стандартних вантажів і т. ін.).

Після уточнення проблеми можливий аналіз того, яким чином (і чи можливе це взагалі) спростити проблему, звести її до конкретної задачі з раціоналізації. Задача від проблеми відрізняється тим, що коли ми говоримо про задачу, то вже більш-менш ясно уявляємо собі кінцеву мету, засоби досягнення цієї мети, умови й обмеження, які необхідно мати на увазі при вирішенні задачі, а також критерії оцінки знайденого рішення. Визначити мету – означає відповісти на запитання: «Що ми будемо мати в результаті вирішення?»

Проаналізуємо причини можливих ІП на етапах з'ясування потреби і формулювання проблем. Як було вище зауважено, потреба в будь-якому виді інновацій, раціоналізації викликана станом навколишнього середовища, наявністю в ньому напруженості, дискомфорту. Найбільш розповсюджена помилка на цьому етапі – невірне, неточне формулювання проблеми.

Та ж сама потреба в змозі породити цілий спектр проблем. ІП може полягати в тому, що інженери найчастіше не здатні побачити всю багатогранність і багатозначність потреби, а звертають увагу лише на окремі її аспекти, тим самим звужують поле пошуку можливих рішень. Часто в «спальних районах» великих міст виникають труднощі з перевезенням жителів у «пікові години» до місця роботи і навчання. Багато хто бачить вихід з цього стану в розробці оптимальних схем руху транспорту, залученні додаткових транспортних засобів, але ж можна шукати рішення в зовсім іншій площині. Наприклад, взагалі відмовитися від таких перевезень, створивши в цьому районі додаткові робочі місця, мережу нових підприємств і організацій і тим самим зняти гостроту проблеми.

Отже, помилка може полягати як у невірно сформульованій проблемі, так і в невмінні глянути на ситуацію свіжим поглядом, створити нові, альтернативні підходи.

Іноді думками людей володіють помилкові проблеми, названі Н. Вінером «примарами». До таких помилкових проблем відносяться спроби побудови «вічного двигуна», відшукування філософського каменю, одержання еліксиру молодості.

Якщо уявлення про проблему неправильне, то вся діяльність з вирішення цієї проблеми буде спрямована не в ту сторону, і чим ця діяльність активніша, тим вона найчастіше шкідливіша.

Якщо проблема досить велика і складна, так що відразу не проглядається, її необхідно розчленувати на частки, зберігши зв'язок між ними. Коли ставиться питання про створення чогось нового (нового методу, виробу, виду діяльності і т. ін.), то насамперед потрібно усвідомити, для чого створюється це нове, у яких умовах воно буде працювати, які задачі з його допомогою будуть вирішуватися, у яких умовах буде експлуатуватися, застосовуватися.

Дуже часто, вирішуючи наші проблеми, ми боремось з наслідками того чи іншого небажаного для нас явища, а не з причинами, що їх породжують.

Поза людиною і незалежно від людини в природі немає і не може бути проблем. У природі існують тільки протиріччя. Усвідомлення, констатація протиріччя є необхідною умовою для постановки проблеми.

На певному етапі розвитку радіоелектронної апаратури, що виготовлялася на дискретних елементах, виникла необхідність у значному поліпшенні конструктивних параметрів, зокрема, зменшенні габаритів і маси виробів. Прагнення вирішити цю задачу «у лоб», тобто шляхом зменшення розмірів самих радіоелементів, привело до погіршення технологічності виготовлення як елементної бази, так і самих радіовиробів. Усвідомлення цього протиріччя привело до формулювання цілого ряду проблем, вирішення яких поклало початок новому напрямку в конструюванні радіоелектронної апаратури – мікромініатюризації.

Сформульована проблема є різновидом знання, вона загострює увагу на незнанні, зв'язаному з розглядуваним об'єктом. Проблема виникає на межі між знанням і незнанням. Вирішення проблеми збільшує наше знання, забезпечує його розвиток.

Якщо при розробці нової конструкції не виникає ніяких протиріч (джерел проблем), то не слід очікувати суттєвої новизни. Необхідно навчитися передбачати протиріччя для того, щоб боротися з ними,

усувати їх не в момент, коли вони гальмують розвиток, блокують рух, а до того, коли вони тільки починають виявлятися.

Вирішення тієї чи іншої проблеми може бути тимчасовим чи постійним, частковим чи цілісним. У результаті вирішення проблема може бути закрита, вирішена радикально.

У розглянутому вище прикладі зменшення габаритів активних і пасивних елементів у радіоелектронній апаратурі частково вирішило проблему мініатюризації. Радикальним рішенням був перехід на нову елементну базу – мікросхеми, але і це рішення виявилось частковим, тому що виникли труднощі з мініатюризацією вторинних джерел живлення, потужних каскадів передавачів, пристроїв НВЧ і т. ін.

4.2 Інженерне прогнозування

Проектований об'єкт виявиться життє- і конкурентноздатним, якщо він буде погоджений з навколишнім середовищем і з заданими йому функціями. Задача ускладнюється тим, що проєктований об'єкт повинен бути пристосований до свого оточення не в даний час, а в майбутньому, а це пов'язано з необхідністю прогнозування цього майбутнього, прогнозування тих факторів навколишнього середовища, що впливають (чи можуть впливати) на об'єкт проєктування. Отже, перш, ніж приступити до прогнозування об'єкта нової техніки, необхідно виконати прогноз його оточення.

Під інженерним прогнозуванням розуміється науково обґрунтована інформація, що відбиває у вірогіднісній постановці потенційні можливості розвитку техніки.

Інженерне прогнозування поширюється на період не більший за 15 років. На його основі можна одержати відповіді на наступні питання:

- які напрямки займуть провідне положення в техніці;
- які можливі пропорції впровадження в практику конкуруючих напрямків;
- яка ймовірність використання техніки;
- яка передбачувана економічна ефективність реалізації технічних напрямків;
- коли можна чекати впровадження у виробництво об'єктів техніки або цілих напрямків її розвитку.

Джерелами інформації для проведення інженерного прогнозування можуть бути виконувані проектні розробки, сучасний стан виробництва, патенти, закінчені науково-дослідницькі роботи.

Сучасний стан виробництва і виконувані в даний час проектні розробки дозволяють здійснювати короткострокові прогнози на період 2-4 років; наявний масив патентів, що відносяться до даної галузі, дозволяє виконувати середньострокові прогнози на період часу 5-9 років, і закінчені науково-дослідницькі роботи можуть бути покладені в основу середньострокових прогнозів на період 10-15 років.

5 НЕКОМПЕТЕНТНІСТЬ ЯК ДЖЕРЕЛО ІІ

5.1 Компетентність виконавців – запорука ефективної праці організації

Причина багатьох ІІ полягає в нераціональній організації праці інженерів, а також у невдалому формуванні виробничих колективів.

Доручаючи виконавцю ту чи іншу роботу, найчастіше не враховують його психологічні можливості і здібності до виконання цієї роботи. Справа в тому, що всі ми унікальні, неповторні, усі в чомусь перевершуємо інших, а в чомусь їм поступаємось, і це не є наш недолік, наша слабкість – ми просто такі. Знання своїх і чужих можливостей і здібностей необхідно кожному для того, щоб найбільш повно реалізувати себе в діяльності, забезпечити максимальну ефективність ділового спілкування.

Відсутність інформації про особливості людського спілкування ускладнює, а часом робить неможливою спільну роботу, зводить нанівець глибокі знання й ерудицію співробітників. Навпаки, розуміння механізмів людського спілкування дозволяє забезпечувати сумісність взаємодіючих осіб, знаходити компроміс і приходити до погоджених рішень без шкоди справі при наявності протилежних інтересів сторін. Невдало підібраний колектив гальмує, сковує ініціативу його співробітників, знижує ефективність його роботи. Колектив же, підібраний з урахуванням особливостей і здібностей його виконавців, дозволяє максимально повно реалізувати всі резерви людського фактора. У колективі, де враховані психофізіологічні характеристики виконавців, виникає явище синергізма, коли здатності і можливості кожного при колективній роботі зростають і збільшуються. Всебічне урахування особливостей і можливостей кожного виконавця необхідне не тільки для формування робочих колективів, але й для побудови кадрової піраміди проектно-конструкторських підрозділів.

Раніше вже зверталася увага на той факт, що будь-яка робота може бути виконана ефективно і якісно, тобто компетентно, тільки тоді, коли її виконавець володіє необхідними професійними знаннями, а також здібностями (уміннями) до виконання цієї роботи. Знати і вміти – далеко не синоніми. Так, одні не можуть мобілізувати колектив на

вирішення актуальної проблеми, в інших труднощі із забезпеченням трудової дисципліни, треті мають великі труднощі в прийнятті рішень у нестандартних ситуаціях, хоча усі вони володіють необхідними для цього знаннями. Найчастіше виконавці «незручних» проблем і задач намагаються їх так трансформувати, щоб вони відповідали рівню їхньої компетенції. Тут доречний жарт: «Якщо вмієш це робити – роби сам, якщо не вмієш – вчи інших, як потрібно це робити, якщо не вмієш ні того, ні іншого – то вчи, як потрібно учити».

Інженерна діяльність пов'язана з виконанням безлічі різних робіт, з вирішенням задач різної складності. Звідси фахівці, що виконують різну роботу, повинні істотно відрізнятися один від одного своїми можливостями і здібностями.

Будь-яке промислове виробництво – цілісний організм, а де організм, там існують спеціалізовані функції, які потрібно виконувати. Структуру організації найкраще представити у вигляді чотирирівневої піраміди.

I рівень – кваліфіковані фахівці, що професійно виконують свою роботу. Вони мають здатність глибоко вникати в сутність своєї справи і досягати в неї досконалості. У своїй трудовій діяльності вони в основному керуються своїм особистим досвідом, поповнюючи й удосконалюючи його в процесі своєї трудової діяльності.

II рівень – інженери, здатні інтегрувати роботу фахівців, координувати їхню взаємодію. Від них вимагаються не стільки глибокі спеціальні знання, скільки широта поглядів, достатня для керівництва підлеглими фахівцями. Як правило, вони здатні швидко освоювати і застосовувати досвід інших людей. До цього рівня звичайно відносяться начальники груп, бригадири, начальники лабораторій, керівники проектів і т. ін.

III рівень – співробітники, здатні розуміти діяльність всієї організації і відповідати за її роботу в цілому. До цього рівня відносяться начальники КБ, головні інженери і т. ін. Ці люди, як правило, повинні мати здатність ефективно діяти в нестандартних ситуаціях, що виходять за межі особистого і колективного досвіду.

IV рівень – людина цього рівня (людина «мудрості») здатна бачити за подіями, що відбуваються, їхні невидимі причини. Для неї не існує нестандартних ситуацій – існують тільки універсальні принципи, що реалізуються в тій чи іншій формі, що відповідає конкретній ситуації. Там, де людина третього рівня прораховує

результат, людина четвертого рівня його вже знає. Людина третього рівня завжди знайде вихід з пастки, а людина четвертого ніколи в неї не потрапить. Тільки людина цього рівня здатна бачити справжні цілі, гідні зусиль, упевнено відрізняти їх від помилкових цілей і надуманих побудов. До цього рівня відносяться більшість генеральних конструкторів, таких як академіки АН СРСР С. П. Корольов, О. К. Антонов, академік АН УРСР О. Г. Івченко і т. ін.

Коли говорять, що людина знаходиться не на своєму місці, то під цим варто розуміти, що його положення в ієрархічній структурі організації не відповідає рівню його компетенції. Ршенням цієї проблеми може бути переведення некомпетентного виконавця на той рівень, що відповідає його можливостям і на якому він може працювати з задоволенням. Але не все так просто. Усі ускладнення, пов'язані з переведенням некомпетентного працівника на колишню посаду, викликані пануючою в суспільстві світоглядною установкою, суть якої зводиться до наступного положення:

- людина, що легко справляється зі своєю роботою, повинна піднятися на вищий рівень, щоб повніше реалізувати себе;
- чим вище положення людини у виробничій ієрархії, тим вдаліше її життя, вище авторитет, соціальний статус, тим вона щасливіше;
- при наявності гарної освіти і при належній підготовці будь-яка людина може працювати на будь-якій посаді;
- прагнення кожного піднятися на вершину ієрархії – ціль гідна і корисна для організації.

Але всі ці положення помилкові, тому що:

- людина повинна піднятися на той рівень, що відповідає її природі, на якому вона може працювати з задоволенням – така робота є ефективною і дає щастя самореалізації;
- соціальний статус людини насправді повинен залежати не від місця у формальній ієрархії, а від того, наскільки добре вона виконує свою виробничу функцію;
- найбільших успіхів людина може досягти лише в тій діяльності, що відповідає її природі;
- людина повинна прагнути не до вершин управлінської ієрархії, а до вершин майстерності в тій справі, що відповідає її природі.

Не слід вважати, що проблема компетенції актуальна тільки при побудові вертикальної структури підприємства, вона не менш важлива і при підборі виконавців робіт на різних етапах життєвого циклу

технічного виробу на будь-якому ієрархічному рівні. Таким чином, проблему компетенції варто розглядати не тільки у вертикальній, але й у горизонтальній площинах.

5.2 Рекомендації з формування ефективно працюючих колективів на різних етапах життєвого циклу виробу

Будь-яка технічна система у своєму розвитку проходить кілька етапів, і на кожному з них інженерам приходится вирішувати ряд проблем і задач, характерних тільки для даного етапу. Такий стан справ потребує від інженерів-виконавців відповідної компетенції. Підійдемо з цих позицій до проблеми підбора компетентних виконавців для різних етапів становлення і розвитку технічної системи.

Передумовою створення нової технічної системи є виникнення напруги, незадоволеності в навколишньому середовищі, коли існуючі системи вже не можуть належною мірою задовольнити потреби сьогодення чи потреби, що можуть виникнути в недалекому майбутньому. Найчастіше ці нові потреби до пори до часу себе не виявляють, від багатьох вони сховані, але якщо їх вчасно не помітити, то можна спізнитися з новими розробками і безнадійно відстати.

Звідси на першому етапі життєвого циклу технічної системи необхідні інженери, що володіють розвинутою інтуїцією, чуттєві до змін середовища, що уловлюють сховані тенденції і можливості нових відкриттів і винаходів. Глибоке осмислення існуючого стану справ є джерелом нових цікавих і перспективних ідей, що інженери повинні логічно обробити й обґрунтувати, при цьому бажано, щоб були враховані і виявлені не тільки позитивні аспекти, але і можливі недоліки, дефекти, сховані помилки.

Коли ідея нової технічної системи знайдена і загалом ясна логічна схема побудови цієї системи, виникає необхідність у фахівці, що міг би провести ретельний аналіз цієї розмитої, неконкретної ідеї, визначив би ступінь її відповідності реальним можливостям, звернувши увагу на можливі окремі недоліки і порушення. Проведений аналіз нової ідеї показав її життєздатність і можливість технічної реалізації, здавалося б, можна приступити до її реалізації, але не все так просто. Звичайно нові ідеї, нові підходи часто не сприймаються, відкидаються оточуючими через те, що нове приховує у собі невідоме, можливо

небезпечне, воно вимагає змін, перебудов. Впровадження інновацій майже завжди викликає пасивний опір співробітників: одні побоюються змін, інші звикли працювати по-старому, треті побоюються за свій статус і т. ін.

У цьому випадку необхідні інженери, що здатні не тільки самі оцінити усю глибину і перспективність нових ідей, але і переконати інших у необхідності передбачуваних нововведень, щоб вони цього побажали і самі вимагали б їхнього якнайшвидшого впровадження.

Щоб народжувалися нові ідеї, здійснювалася їхня глибока проробка, активно велася робота з популяризації цих ідей, потрібні фахівці, що узгодять, синхронізують роботу інженерів на даному етапі, що володіють здатністю улагоджувати конфлікти на основі непорозуміння.

Якщо вдасться для першого етапу розвитку технічної системи підібрати таких фахівців, то буде утворений могутній мозковий центр, генератор нововведень, колектив, що оперативно реагує на інформаційні зміни зовнішнього середовища і ініціює нововведення. Такий колектив ефективно функціонує при вирішенні проблем, що носять інноваційний характер, що вимагають нестандартних підходів, здатний успішно працювати при мінімальному керівному втручанні, тому що чим більше таке втручання, тим менше ініціатива з боку виконавців.

Робоча атмосфера, що панує в колективі, пронизана теоретичністю, чеканням змін, демократичністю і колегіальністю; тут цінують самостійність і ініціативу.

Метою другого етапу розвитку технічної системи є матеріалізація знайденої на попередньому етапі ідеї. Для цього необхідно перебороти всі труднощі і сконцентрувати зусилля в потрібному напрямку, мобілізувати людей на вирішення конкретної задачі, застосовувавши при необхідності вольові методи і наполегливість.

При зміні ситуації треба швидко реагувати на сформовану обстановку, приймати адекватні рішення, розумно ризикувати. На цьому етапі при роботі з людьми основне зусилля варто направляти не на гармонізацію міжособистісних відносин, не на урахування індивідуальностей, а на створення такого організаційного механізму, у якому кожен виконавець займав би визначене місце в організаційній структурі, мав обговорене коло обов'язків, відповідав би за конкретно поставлену задачу. На відміну від інженерів першого етапу, що при

вирішенні технічних питань схильні в основному до методів переконання, інженери цього етапу тяжіють до рішучих і вольових методів. Їхні ціннісні орієнтири: реалізм, воля, рішучість, конструктивний продукт, авторитарність.

Фахівці другого етапу показали можливість практичної реалізації нової технічної системи. Макети і зразки пройшли всі необхідні випробування і перевірки. Залишилося усунути деякі недоробки, щось підправити, змінити, і можна запускати систему в серійне виробництво. Фахівці третього етапу з цим у корені не згодні: вони вважають, що виріб недоведений до належного стану, недосконалий, вимагає серйозного коректування і доведення. Основна задача, що стоїть перед інженерами на даному етапі – виявити в конструкції все зайве, нежиттєздатне, розкрити потенційні можливості виробу, домогтися максимальної гармонії і досконалості. Вони розглядають об'єкт з позиції ефективності і доцільності, не дуже довіряючи авторитетам.

На відміну від другого етапу, де панують вольові методи, строго дотримуються норм і правил, тут співробітникам надані широкі можливості для самодіяльності й ініціативи; основна увага орієнтована на ефективність і прибуток, а не самодостатній порядок, настільки милий фахівцям другого етапу. Ціннісні орієнтири етапу – практицизм, суспільні інтереси, боротьба з пороками системи, що заважають ефективній роботі, колективізм. Однак, часто в погоні за удосконаленням техніки випадає з поля зору сама людина, її потреби, можливості, прагнення.

На четвертому етапі розвитку системи необхідні фахівці, здатні враховувати психологію людини, прогнозувати виникнення протиріч між виробництвом і людиною, знати шляхи їхнього усунення і встановлення безконфліктних виробничих відносин. У своїй діяльності вони прагнуть не втручатися у внутрішній світ людини, враховувати здатності виконавця для того, щоб доручати роботу відповідно до його можливостей і сил, намагаються створити матеріальні умови для реалізації потенціалу кожного і максимально повного використання технологічного і людського ресурсу.

Фахівці цього етапу здатні здійснити грандіозний синтез усього напрацьованого досвіду. Якби їм запропонували роботу на одному з попередніх етапів, вони б образилися: «Спочатку розберіться самі, що ви хочете, а потім приходьте до нас». Але коли вони беруться за діло, то

створюють шедевр. У своїй практичній діяльності вони прагнуть дотримуватися старих, випробуваних часом принципів, орієнтованих на людину. Вони, можливо, трохи консервативні у своїх поглядах.

Але на цьому етапі розвиток технічної системи не зупиняється, на обрії вже проглядається нова карколомна ідея досконалішої системи. Фахівці першого етапу знову затребувані.

Приведений аналіз проблем і задач, розв'язуваних на всіх етапах розвитку технічної системи, показав необхідність уміння визначати здатності і можливості інженерів для того, щоб залучати їх до виконання тих задач, які вони можуть вирішувати щонайкраще.

5.3 Соціоніка

Практичні знання і рекомендації з цілеспрямованого формування найбільш стійких колективів з оптимальним соціально-психологічним кліматом і високою працездатністю дає наука СОЦІОНІКА [50, 51].

Соціоніка розглядає свідомість людини як систему, що сприймає і переробляє інформацію, що надходить як із зовнішнього, так і з внутрішнього світу людини. Особливості мислення, потреби, мотивація, поведіння людини визначаються багато в чому її індивідуальними особливостями переробки інформації. За характером сприйняття, переробки і видачі інформації можна виділити шістнадцять стійких типів (соціотипів), до одного з яких належить кожний з нас.

Кожен із шістнадцяти соціотипів характеризується особливостями сприйняття навколишнього світу, на які накладаються виховання і культурний аспект епохи. Відносини шістнадцяти соціотипів як інформаційних систем характеризуються шістнадцятьма типами відносин: від повної сумісності і додатковості до конфліктних відносин (від найбільш притягальних, бажаних, приємних, до ворожих, нетерпимих).

Шістнадцять соціотипів утворюють соціон, що підрозділяється на чотири стійкі за психологічними відносинами четвірки соціотипів – квадрати. Люди, що належать до однієї квадрати, прекрасно розуміють один одного, вони об'єднані загальним світоглядом і світорозумінням. У кожній квадраті свої особливості поведінки, ставлення до роботи, почуття гумору, свій «дух квадрати». Якщо людина потрапила в чужу

квадру, то вона стикається з іншими нормами поведінки, почуває себе незатишно, іноді здається «білою вороною».

Розглянемо особливості, психологічну атмосферу і цінності, а також переваги кожної з квад্র.

У першу квадру, чи квадру α входять соціотипи, у яких сприйняття зовнішнього світу відрізняється особливою легкістю і відкритістю, рухливістю.

Це люди, що дуже захоплюються, віддають перевагу обстановці неформального спілкування. Вони демократичні за своєю натурою, заперечують жорсткість чи зарегульованість. Вузька спеціалізація не для них. В атмосфері напруги, строгості вони не можуть ефективно реалізувати себе. Бачучи недосконалість існуючих технічних систем, передбачаючи виникнення нових потреб і проблем, представники квадри α бажають змінити існуючий порядок речей шляхом висування і розвитку нових ідей і починань. Цілком очевидно, що найдоцільніше залучати представників квадри α до робіт першого етапу розвитку технічних систем. Квадра α – інтуїтивна, м'яка, квадра – генератор ідей.

Нові ідеї, запропоновані квадрою α , реалізуються другою квадрою – квадрою β . Це квадра конкретних дій. Для втілення знайденої ідеї необхідні стійкість, рішучість, витривалість, упровадження нового продукту в умовах опору навколишнього середовища. Сила волі – неодмінна умова ефективної діяльності. У середовищі квадри β дуже цінуються досвідченість, бувалість, спокушуваність, вона побудована на тому, щоб не допустити помилок, вже колись зроблених. Це найдисциплінованіша й організованіша квадра, їй притамана схильність до твердого адміністрування. Квадра β – квадра другого етапу розвитку технічних систем, це логічна, тверда, прагматична квадра.

На зміну квадри β приходить квадра γ . Це квадра динамічного впровадження в життя практичних результатів, отриманих квадрою β з урахуванням реальних можливостей. Люди цієї квадри прагнуть звільнитися від усього марного, нерационального, дрібного, звичного, критикуючи минулі помилки й омани. Соціотипи квадри γ можуть успішно діяти в умовах стихійності, ризику, плутанини; вони роблять усе, щоб усунути бар'єри й обмеження, що перешкоджають швидкому просуванню уперед. У погоні за ефективністю і досконалістю самого продукту діяльності іноді з їх поля зору випадає сама людина з її

потребами й інтересами. Мабуть, квадрі γ найбільш співзвучні проблеми і задачі, характерні для третього етапу розвитку технічних систем.

Квадра γ – рішуча, динамічна, напориста квадра.

Квадра δ змінює квадрі γ . Соціальна місія квадрі δ полягає в забезпеченні стабільного розвитку досягнутих і матеріалізованих усталених результатів, що лише поліпшуються й удосконалюються, при цьому велика увага приділяється духовному стану людини. Для соціотипів цієї квадрі невластиві ризик, аврал, економічний хаос, махінації. Ця квадра поєднує реалістів, вище за усе цінуючих стабільність, існування і непорушність традицій, що виправдали себе, їй притаманий деякий консерватизм, однак, незважаючи на це, соціотипи цієї квадрі поважають талановитих людей, що пропонують альтернативи і не перешкоджають поширенню нової інформації. Тому на стадії квадрі δ періодично висуваються альтернативні ідеї розвитку, що заперечують традиційні підходи. У її надрах приступає до активної дії квадра α . Життя продовжується. Квадра δ – етична, духовна, уразлива, їй близькі проблеми і задачі четвертого етапу розвитку технічних систем.

Формування робочих колективів без урахування компетенції виконавців є одним із джерел багатьох ПП. Часто при розробці нової технічної системи спостерігається випадковий підбір співробітників. Помилка тут не тільки в тому, що не враховується компетенція виконавців, але й у тому, що сам склад виконавців зберігається незмінним протягом усіх етапів створення технічної системи. Часто інженери, що прекрасно справляються з роботами одного етапу, показували задовільні результати на інших етапах робіт.

Як відомо, психіка людини асиметрична. Очевидно, що в кожного з нас найсприятливіші стосунки складаються саме з тією людиною, у якої асиметрія має доповнювачий характер. Таку людину, що доповнює нас, називають дуалом, і інформація, що йде від дуала, сприймається нами як підтримка, корекція, готовність допомогти у вирішенні будь-якої важкої задачі.

Особливо актуальна проблема дуалізації при виборі (призначенні) керівником колективу свого заступника. Організація, де в керівника немає дуала, – взагалі не організація, а одна вивіска.

6 ЦІЛЕСПРЯМОВАНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЮДИНИ. ІІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ

6.1 Зовнішні та внутрішні цілі

Усвідомлена людська діяльність здійснюється за схемою:

ЦІЛЬ – ЗАСІБ – РЕЗУЛЬТАТ

Перш ніж що-небудь зробити, людина це буде у своїй голові. «Ціль» – це передбачений «результат». «Результат» – це реалізована «ціль». «Засіб» – це те, за допомогою чого людина у своїй діяльності переводить свої бажання, прагнення, плани, задачі в кінцевий продукт – «результат».

Специфіка інженерної діяльності полягає в тому, що цілі, які ставить сам інженер, чи які поставлені перед ним, у переважній більшості конкретні й однозначні. Інженер повинен спроектувати не якийсь абстрактний технічний об'єкт, а виріб з фіксованим набором вихідних характеристик, значення яких лежать у строго заданих межах. На етапі постановки цілей його творчі можливості здебільшого обмежені, однак вони часто безмежні на етапі вибору засобів реалізації мети, тому що в розпорядженні інженера завжди існує безліч технічних способів (засобів) досягнення необхідного результату. Найчастіше творчість інженера максимально проявляється в наборі тих засобів, що дозволяють досягти запланованого результату найбільш ефективним способом. Як правило, та ж сама задача може бути вирішена не одним, а декількома способами. Парадоксальна особливість інженерних задач – це сполучення підкреслено конкретного завдання з великою творчою свободою, а, отже, і значною невизначеністю у виборі рішення. Якщо наукова істина не залежить від методу чи вимірювального приладу, то рішення схожих технічних проблем у конкретних умовах можуть бути зовсім несхожими.

Розглянемо, які найбільш характерні ІІ властиві етапам постановки цілей і вибору засобів, і чому найчастіше результат не збігається з раніше поставленою метою.

Ціль може бути сформульована, поставлена самим інженером (виконавцем) – назовемо цю ціль внутрішньою ціллю виконавця, а також запропонована, сформульована кимось іншим (начальником, колегою, замовником) – це зовнішня ціль.

Якщо виконавець приймає зовнішню ціль (згодний з нею), то ця зовнішня мета стає його внутрішньою ціллю. Однак виконавець не завжди сприймає зовнішню ціль, він може її відкинути, або трансформувати у відповідності зі своїми мотивами й інтересами, своїм розумінням задачі. Але навіть і в тому випадку, коли зовнішня ціль сприймається інженером, не слід зваблюватися тим, що його внутрішня ціль адекватна тій, котра перед ним була поставлена, тому що кожна людина, самостійно ставлячи чи сприймаючи мету, виходить зі свого розуміння ситуації, свого знання предмету, наявного життєвого досвіду, своїх бажань і мотивів.

Та ж сама ціль, поставлена керівником перед різними виконавцями, може бути перетворена кожним у відмінні одна від одної внутрішні цілі в залежності від індивідуальних здібностей особистості, що засвоює ціль. З огляду на особливість сприйняття зовнішніх цілей людиною, можливу їхню трансформацію, переосмислення виконавцем, постановник задачі повинен серйозно відноситися до процедури формулювання зовнішніх цілей.

Характерними помилками керівників, що ставлять нові цілі (задачі) своїм виконавцям, є:

1) Постановка задач (цілей), сформульованих у загальній формі, розпливчато, неконкретно, коли відсутні критерії контролю результату досягнення мети.

2) Формулювання зовнішніх цілей у вербальній формі, у вигляді усних вказівок, телефонограм і т. ін., що може надалі призвести до серйозних непорозумінь. Бажано завжди формулювати зовнішні цілі в письмовому вигляді, при цьому, по-перше, сам постановник мети глибше осмислює й уточнює мету для себе, по-друге, виконавець може багаторазово перечитувати завдання, і, якщо йому буде щось неясно, уточнити, одержати необхідну інформацію.

3) Нечітка постановка цілі, що дозволяє невірно чи багатозначно тлумачити поставлену ціль. (Військові відзначають, що якщо можна зрозуміти наказ по-іншому, то обов'язково знайдеться людина, що так і зрозуміє).

4) Постановка нових задач без урахування компетенції виконавців. Ігнорування цього факту призводить часом до серйозних інженерних помилок. Зупинимося докладніше на розгляді цього виду помилок постановником задачі.

Робота може бути виконана компетентно тільки тоді, коли її виконавець, з одного боку, володіє необхідними професійними знаннями, з іншого боку – певними здібностями до виконання цієї роботи. Можна знати «як це робиться», але не мати відповідних здібностей й умінь. Так, не усі можуть передбачати розвиток ситуації, адекватно оцінити обстановку і прийняти правильне рішення, знайти нову ідею, відшукати компроміс, усунути конфлікт, надати моральну підтримку і т. ін.

Тривалий час керівники усіх рангів, доручаючи роботу виконавцям, звертали увагу тільки на наявність необхідних професійних знань, не приділяючи належної уваги тому, чи володіє виконавець здібностями, необхідними для виконання цієї роботи. При такому положенні справ погано, бездарно використовується найбільш цінний ресурс – людський фактор. Чому так важливо максимально повно реалізувати інтелектуальний потенціал людини? Тому, що тільки людина, приймаючи ту чи іншу задачу (ціль) до виконання, сама для себе встановлює міру своєї активності, включеності в діяльність.

Ступінь включеності людини в майбутню діяльність визначається її глибинними особистісними характеристиками – потребами, здібностями, інтересами. Найголовнішою потребою людини є потреба в самовираженні, самоствердженні, реалізації тих здібностей, що у неї закладені природою.

Виконання робіт некомпетентними виконавцями вимагає не тільки великих витрат часу і матеріалів, але і є могутнім джерелом великого спектра найрізноманітніших інженерних помилок, що пізніше приходиться усувати часто також некомпетентними виконавцями.

Відповідь на питання «як правильно співвідносити характер задачі з індивідуальними здібностями виконавця?» дає наука соціоніка.

5) Ігнорування (незнання) факту критичності і навіюваного впливу інформації, що надходить, при трансформуванні зовнішньої мети у внутрішню.

Ненадійність інформації, небажаність її для нас чи ворожість до джерела інформації накладають відбиток на процес цілестворювання і на ймовірність появи ІІ. Коли перед інженером ставить мету його безпосередній начальник, то сам факт постановки цієї мети вже робить певний навіюваний вплив. Некритичність, сліпе сприйняття зовнішніх цілей загрожує серйозними наслідками. Разом з тим

керівник, що ставить перед виконавцем нову задачу (ціль), повинен враховувати, що, чим важливіша ціль, тим більше зусиль потрібно прикласти, щоб роз'яснити її важливість, аргументувати доводи. Необхідна не тільки чітка постановка задачі, але й вказівка на її актуальність і значимість.

Разом з тим підвищена критичність, небажання зрозуміти аргументи опонента переглянути свою точку зору призводять також часом до серйозних помилок.

На процес усвідомленого сприйняття, на переробку і критичне оцінювання інформації впливає стан людини і стан оточуючого його середовища. Людина може бути готова чи не готова до певного типу сприйняття чи поведінки.

6) Формулювання цілі, що обмежує зону пошуку необхідних рішень. У ситуаціях, що вимагають пошуку, важливий сам спосіб завдання вихідної інформації. Ясно сформульована і чітко поставлена ціль полегшує подальшу роботу інженера, але при цьому може звужити зону пошуку рішень, а це загрожує тим, що найбільш сильні рішення можливо і будуть лежати поза цією обмеженою зоною. Іноді доцільно вказати потребу, чи описати ситуацію, що вимагає поліпшення чи зміни. При цьому основна увага буде приділена відшукуванню засобів забезпечення необхідного результату, і навіювана дія вхідної інформації буде знижена.

Часто зовнішня мета виглядає так: «Створити технічний об'єкт для такої-то мети, поліпшити конструкцію, щоб одержати такий-то результат».

Якщо провести докладний аналіз ситуації, то не завжди потрібно створювати нову чи модернізувати існуючу конструкцію. У деяких випадках при постановці цілей упор краще робити не на виріб, процес, об'єкт, а на необхідну функцію (дію).

7) Неточне формулювання цілі. Псевдоцілі.

Нерідкі випадки, коли цілі формулюються неточно, помилково, коли вони не відображають дійсного стану справ і реально існуючих потреб.

Щоб уникнути неточностей при постановці цілей, необхідно ставити собі питання: «В ім'я чого, для чого ставиться та чи інша мета? Що відбудеться, якщо ця мета буде досягнута?»

Правильна постановка цілей особливо важлива при розробці нових технічних систем, тому що постановка не тих цілей, забезпечення не тих функцій призводить до створення не тієї системи, що дійсно

потрібна споживачу. І чим пізніше виявиться ця невідповідність, тим відчутніше буде втрата.

8) Використання технічних термінів при постановці цілей.

При постановці цілей необхідно за можливості уникати технічних термінів, тому що за кожним терміном стоїть цілком визначений зміст, кожен термін має традиційні, звичні межі. Однозначність термінів хоча і полегшує контакти людей і їхнє взаєморозуміння, але в той же час є причиною відсутності гнучкості в погляді на речі. Невдалий термін, слово може направити думку інженера по обмеженому числу шляхів і перешкодити дослідженню інших, не менш бажаних і плідних.

Нові ідеї і цілі найчастіше пропонують люди, здатні звільнитися від жорсткості слів і класифікацій.

6.2 Помилки при постановці цілі замовником

Виникнення протиріччя між суспільною потребою в технічних системах з певними функціональними характеристиками і можливостями наявних технічних систем обумовлює суспільну потребу в нових технічних рішеннях. Ця потреба може бути сформульована у виді проблемної ситуації: жоден з відомих варіантів технічних систем даного класу не задовольняє споживачів.

Розробка нової технічної системи, як правило, починається з одержання вихідного завдання від замовника. Замовником звичайно виступають організації-виготовлювачі чи організації-споживачі проектованої технічної системи.

Дуже часто ці організації не надають розроблювачам коректно сформульованої вихідної мети створення нової технічної системи. Це обумовлене переліком причин, серед яких найбільш істотними є такі:

- замовник досить часто не співвідносить бажаного з тим, що можна реалізувати, намагаючись усунути недоліки існуючих систем без аналізу можливостей усунення таких недоліків і тієї ціни, що прийдеться заплатити за це усунення;

- найчастіше замовник не має повного уявлення про фізичні і хімічні закономірності, що керують функціонуванням даних технічних систем, про технічні протиріччя, які треба усунути в поставлений ним задачі, про наукові труднощі, економічні можливості і обмеження, що постають перед дослідниками, про тенденції в розвитку середовища функціонування проектуємих систем.

Якщо замовник переоцінює важливість одних параметрів чи властивостей або випускає з уваги інші, не менш важливі властивості, то розроблювач буває позбавлений можливості досягнення розумного компромісу між конкуруючими властивостями виробу, наприклад, між міцністю і масою, потужністю й енергоспоживанням і т. ін.

Замовник не в усіх випадках є фахівцем у точному розумінні цього слова. Він може зажадати виріб з такими характеристиками, що насправді неможливо забезпечити, чи ж вони несумісні одна з одною. Іноді замовник висуває вимоги, переслідуючи свої особисті, найчастіше суперечливі цілі.

Усе це призводить до того, що замовник часто ставить перед розробником вихідну мету розробки некоректно. Найбільш типові помилки при постановці вихідної мети такі:

1) Дасться занадто загальне формулювання мети. Наприклад: «Усунути виявлені недоліки виробів, що випускаються» (далі приводиться перелік недоліків існуючих технічних систем без будь-якого аналізу їхніх взаємозв'язків) чи «одержати для якоїсь технічної системи нові технічні рішення на рівні кращих світових досягнень» і т. ін.

2) Формулювання вихідної мети здійснено без урахування взаємозв'язку цієї мети з цілями більш високих рівнів. Тому доцільність постановки саме даної мети зовсім не очевидна.

3) Усі вимоги до вихідної технічної системи або їхня частина внутрішньо суперечливі, сформульовані без урахування найбільш істотних взаємозв'язків між цими вимогами. Тому реалізуємість умов задачі або неочевидна, або малоймовірна.

4) Вимоги сформульовані на чисто якісному рівні. Наприклад, «виріб повинен бути надійним в експлуатації і простим у керуванні».

5) Ставиться занадто «боязка» мета, наприклад, удосконалення виробу, який давно себе пережив, є морально застарілим. Подібне «удосконалення» технічно марне й економічно збиткове.

6) Ставиться невинновданно смілива мета, наприклад, пошук такого піонерського рішення, що для існуючої технології не підкріплене ані технічно, ані економічно.

7) Ставиться занадто «жорстка» мета, наприклад, невинновдане звууження припустимих меж зміни ряду параметрів і (чи) невинновдане завищення багатокритеріальності задачі.

8) Тупикова постановка задачі. Постановка задачі направляє пошук у безперспективному напрямку. Причиною такої помилки часто є психологічний фактор: людина, що вирішувала проблему в одному з можливих напрямків її вирішення, не домоглася успіху і пропонує послідовникам шукати її вирішення в тупиковому варіанті. Тупикові постановки виникають також тоді, коли намагаються удосконалити систему, ресурси розвитку якої вичерпані, або тоді, коли вирішення задачі вимагає порушення законів природи.

9) Надлишкове обмеження. Постановка задачі з вимогами «нічого не змінювати», або вирішувати строго певним чином.

10) Недостатня інформація. Замовник при постановці задачі упускає важливу інформацію, наприклад, про наявні ресурси, вважаючи їх несуттєвими.

11) Надлишок інформації. Замовник, що ставить задачу, намагаючись полегшити її вирішення, видає масу інформації, серед якої потрібне просто губиться.

12) Невраховування масштабів і умов упровадження. Замовник ставить задачу без урахування масштабів майбутнього впровадження. Виріб, розроблений для одиничного виробництва, часто не працює в умовах масового виробництва. На якість роботи впливають і умови експлуатації. Так, для роботи в польових умовах не підходить виріб, призначений для роботи в дослідницькій лабораторії і т. ін.

13) Формулювання вихідної мети без попереднього ознайомлення з уже відомими рішеннями, серед яких, можливо, існують і ті, що вирішують вихідну проблему.

14) Виправні задачі. Часто замовник ставить задачі з усунення небажаних явищ, наслідків, створених іншими технічними системами чи технічними рішеннями. Необхідно перевірити, чи не простіше усунути ці недоліки в існуючих системах, тому що боротися з причинами часто ефективніше, ніж з їхніми наслідками.

6.3 Уточнення вихідної цілі замовника при складанні технічного завдання

Одним з основних джерел виникнення ПІ є неправильно поставлена ціль. Вихідним пунктом при проектуванні нового технічного об'єкта є технічне завдання (ТЗ), розроблюване замовником. Якщо у вихідному завданні цілі були неправильно (помилково) поставлені, то наслідки

цього можуть бути дуже сумні. При розробці нового технічного об'єкта помилки ТЗ дуже важко виправити, а в переважній більшості випадків принципово неможливо усунути. Взагалі ж «зіпсувати» виріб можна на будь-якому етапі життєвого циклу, але рівень його якості, його основні характеристики закладаються саме на етапі розробки, і якщо фундамент розробки ТЗ містить дефекти, неточності, помилки, то виправити їх не вдасться навіть при відмінному виконанні всіх робіт на наступних етапах.

Сама процедура уточнення ТЗ – вихідної цілі (ВЦ) містить три етапи, представлені у таблиці 6.1.

Процедура уточнення вихідної цілі (ТЗ)

Етап I. Ознайомлення з цілями замовника шуканого технічного рішення чи попереднє формулювання ВЦ разом із замовником.

Призначення етапу I – дати попереднє формулювання ВЦ, погоджене з замовником. Необхідність у проведенні цієї роботи пояснюється тим, що замовник не завжди професійно підходить до формулювання вихідної цілі, не завжди бачить справжню потребу в новій технічній системі. Помилки, що він може допустити при постановці цілі, були розглянуті вище в розділі 6.2 «Помилки при постановці цілі замовником».

Етап II. Уточнення формулювання вихідної цілі замовника.

Призначення етапу II – уточнити попереднє формулювання ВЦ.

Процедури етапу II

II.1 Побудова зовнішньої структури ВЦ і уточнення її попереднього формулювання.

II.2 Побудова внутрішньої структури ВЦ і уточнення її попереднього формулювання.

II.1 Зовнішня структура ВЦ – це структура цілей більш високого рівня, ніж задана ВЦ, тобто цілей, яким підлегла задана ВЦ і які їй супідлеглі.

Аналіз цілей дозволяє установити, наскільки раціонально обрана вихідна ціль, і чи не буде доцільніше виходити з цілей більш високих рівнів і вибрати іншу ВЦ.

У випадку вибору замовником не самої вдалої ВЦ аналіз цілей вищих рівнів і цілей, супідлеглих обраній ВЦ, дозволить знайти дійсно необхідну ВЦ. Для нової обраної ВЦ роблять уточнення її попереднього формулювання.

II.2 Внутрішня структура ВЦ – це структура її підцілей, що істотні з погляду призначення ТС. Дерево ВЦ будується в такий спосіб. Спочатку

роблять його чорновий начерк з розбивкою підділей до такого рівня членування, коли одержують підділи, що далі розчленувати вже не можна.

Етап III. Формулювання умов задачі (вимог до шуканої технічної системи).

Нерідкі випадки, коли ВЦ представлена замовником нечітко, усі вимоги до нової ТС сформульовані «розмито» або некоректно (вимоги внутрішньо суперечливі, і тому не можуть бути реалізовані, або сформульовані на рівні побажань усунути недоліки). Сам предмет проектування часто буває обраний замовником невдало. Етап II спрямований на уточнення самого предмета проектування, тобто на вибір технічно, технологічно й економічно обґрунтованого предмета проектування й уточнення формулювання ВЦ замовника.

Призначення III етапу – одержати мінімально необхідний внутрішньо несуперечливий набір вимог до шуканої технічної системи.

Процедури етапу III

III.1. Попереднє формулювання вимог до шуканої технічної системи.

III.2. Аналіз попереднього набору вимог до шуканої технічної системи й одержання робочого набору вимог (РНВ).

III.2.1 Аналіз інформації з систем даного класу.

III.2.2 Перший цикл уточнення вимог.

III.2.3 Другий цикл уточнення вимог.

III.2.4 Третій цикл уточнення вимог.

III.1 Попереднє формулювання вимог до шуканої технічної системи.

Якщо в представленій замовником у попередньому формулюванні ВЦ надане нечітке формулювання вимог, то розробник повинен ознайомитися з формулюванням цих вимог, вивчити наявну інформацію з тех.-нічних систем даного класу (аналогів) і розробити ескіз вимог, а потім уточнити його в діалозі з замовником.

III.2 Аналіз попереднього набору вимог до шуканої технічної системи, одержання їхнього робочого набору (РНВ).

РНВ, що отриманий багаторазовим ітеративним коректуванням, містить вимоги:

- технічні (насамперед експлуатаційні);
- технологічні (у першу чергу технологічність виготовлення);
- економічні (насамперед швидкість окупності технічної системи і раціональне використання ресурсів);
- екологічні (мінімізація «збуджень» у передбачуваному середовищі функціонування).

Коректне формулювання умов задачі повинне бути зроблене з урахуванням технічних, технологічних, економічних і екологічних критеріїв і представлене у формі внутрішньо несуперечливого набору критеріїв якості технічної системи й обмежень, що накладаються на параметри, істотні з погляду замовника.

III.2.1 Аналіз інформації з систем даного класу, необхідної для коректування попереднього набору вимог.

На цьому етапі запитуються дані: про наявні у світовому патентному фонді технічні рішення з аналогів шуканої технічної системи; про потенційних споживачів шуканої системи, розходженнях у їхніх запитах і потребах; а також про останні досягнення сучасної технології виготовлення ТС даного класу.

III.2.2 Перший цикл уточнення вимог до шуканої ТС.

Попередній набір вимог уточнюють за допомогою матриць взаємодій «Основні властивості (ознаки) ТС – аналогів шуканої системи – вимоги до шуканої ТС», а потім коректують.

Позначення: знак «плюс» – вимога пред'являється до аналогічної властивості шуканої ТС; знак «мінус» – дана вимога пред'являється не до аналогічної властивості шуканої ТС (не пов'язана з аналогічною властивістю ТС); коментарі показують відмінність ТС – аналога від шуканої ТС за даною властивістю.

Таку матрицю доцільно складати в такий спосіб. Експерти з досліджуваних ТС разом з розробниками переглядають опис ТС – аналогів і відбирають у матрицю тільки найбільш цікаві аналоги, що: а) можуть виступати як прототипи шуканої ТС; б) перевершують шукану ТС з будь-якої з вимог замовника; в) побудовані на принципах дії, що рідко використовуються, або ж мають особливо оригінальну конструкцію.

III.2.3 Другий цикл уточнення вимог до шуканого ТС.

Другий цикл складається з двох операцій: скорочення кількості вимог і подальшого уточнення формулювання кожної з вимог, що залишаються.

6.4 Помилки як невідповідність цілі отриманому результату

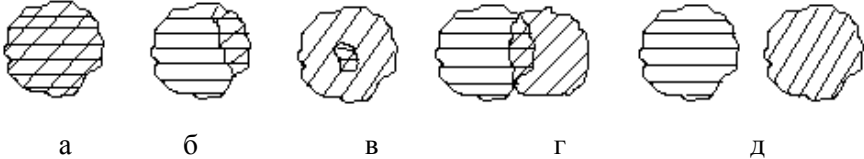
В інженерній практиці нерідкі випадки, коли задача сформульована (ціль поставлена, засоби досягнення мети визначені, умови й обмежен-

ня обговорені), вирішена, однак отриманий результат не відповідає первісній меті. Спостерігається певна розбіжність між тим, що бажали отримати, і тим, що вийшло насправді. Якщо невідповідність незначна, допустима, то кажуть про припустиме відхилення отриманого результату від очікуваного. Звичайно, величина припустимого відхилення обговорюється заздалегідь (наприклад, допуск на розмір деталі). Коли ж розбіжність між тим, що бажали отримати, ставлячи мету, і тим, що одержали в результаті діяльності з реалізації цієї мети, перевищує припустимі межі, то говорять про помилку.

Під помилкою будемо розуміти ступінь розбіжності між метою й отриманим результатом.

Повний збіг результату з поставленою метою (задачею), випадок а) на рис. 6.2 спостерігається тоді, коли інженер вирішує тривіальні, відомі задачі відомими йому способами, тобто коли існує алгоритм вирішення таких задач. Слід зазначити, що сучасні ВУЗи саме і навчають студентів вирішувати відомі задачі відомими способами [13].

Можливі варіанти співвіднесення цілей і результату показані на рис. 6.1.



де  – зображує ціль;

 – зображує отриманий результат;

а – повний збіг результату з поставленою метою;

б – результат частково реалізує поставлену мету;

в – результат значно багатший за поставлену мету;

г – мета й отриманий результат перетинаються лише частково;

д – результат не відповідає поставленій меті.

Рисунок 6.1 – Варіанти співвідношення мети і результату

Однак, коли справа стосується вирішення нових задач, то і тут можливі випадки збігу результату з раніше поставленою метою. Але досягнута мета, вирішена задача іноді приводять до думки, що була поставлена не та мета, створений не той виріб і взагалі треба було робити усе зовсім інакше. Дуже часто після того, як конструкція виготовлена, конструктор розуміє, як її треба було робити. Це схоже на сходження на незнайому гірську вершину. Досягши вершини, переборовши величезні труднощі з ризиком для життя, подорожуючий бачить, що підніматися було б легше з іншої сторони гори, і взагалі, неподалік прокладена дорога, що дозволяє досягти вершини без будь-яких ускладнень.

Іноді тільки уже вирішена задача дає можливість чітко сформулювати задачу, правильно поставити мету.

Невідповідність отриманого результату поставленій меті може бути обумовлена багатьма причинами (у принципі однією з задач даної роботи і є виявлення й аналіз цих причин), однак, основна причина в тому, що ЦІЛЬ є передбачення того, чого поки що не існує в природі, а результат – це реальність, продукт діяльності. Реальність завжди багатше і змістовніше за своє передбачення, вона містить у собі більшу кількість властивостей, особливостей, відносин, що не були враховані при постановці мети.

Створення нового завжди зв'язане з проблемою наслідків – бажаних і шкідливих, передбачених і несподіваних, явних і схованих.

Наявність невідомого, схованого, неявного в отриманому результаті може призвести надалі до появи несподіваних, небажаних наслідків, тобто до схованих помилок. Сховані помилки не завжди очевидні, деякі з них виявляються тільки після негативного досвіду. Аналіз втрат у техніці й економіці показує, що збиток від схованих помилок може бути значно більшим, ніж сумарний ефект від помилок явних. Прикладами можуть служити загибель підводних човнів, Чорнобиль і інші техногенні катастрофи.

Чим більш віддалені наслідки діяльності стають доступними пізнанню (передбаченню інженерів), тим інтенсивніше цілепокладання; чим вище ступінь збігу результатів і цілей діяльності, тим ефективніша діяльність.

Вирішуючи конкретну задачу, інженер оцінює отриманий результат односторонньо, під певним кутом зору, виходячи зі свого розуміння задачі. У тих випадках, коли результат його діяльності не

збігається з його очікуваннями, його суб'єктивними уявленнями, він найчастіше просто не бачить тих можливостей, особливостей, що містить цей результат.

Уміння розглядіти приховані можливості й особливості досягнутого результату, відійти від стереотипів у його оцінці є однією з ознак творчої обдарованості особистості.

Будь-яка невідповідність результату поставленій меті має потребу в глибокому аналізі і виявленні причин виникнення цієї невідповідності. Такий аналіз не тільки поглиблює знання інженера, підвищує його ерудицію і досвід, але найчастіше приводить до знаходження нових технічних рішень, винаходів і відкриттів.

Багато технічних рішень, широко застосовуваних у даний час, з'явилися завдяки випадковості.

Випадок, коли знайдене рішення лише частково реалізує поставлену мету, і отриманий результат поряд з очікуваним ефектом містить ще ефект небажаний, а часом несподіваний і непередбачений, також нерідкий в інженерній практиці.

Справа в тому, що будь-яка технічна система характеризується комплексом взаємозалежних параметрів. Спроба відомими інженеру способами поліпшити один параметр призводить до погіршення іншого (інших) параметра (параметрів). Навіть невелика зміна в системі, спрямована на поліпшення однієї зі сторін, одночасно призводить до погіршення іншої сторони, до небажаного ефекту.

Збільшення кількості вуглецю в сталі поліпшує її міцність й одночасно погіршує здатність протистояти ударним навантаженням. При збільшенні міцності конструкції звичайно зростає її вага, при збільшенні точності обробки деталі – зростає її вартість і т. ін.

І талант проектувальника полягає, мабуть, насамперед у тому, щоб знайти «золоту середину» між цими крайностями».

Така єдність поліпшення і погіршення сторін технічної системи, позитивного і небажаного ефектів, що обумовлена зміною чи станом якоїсь частини системи, називається технічним протиріччям (ТП).

$$ТП = ПЕ + НЕ; ТП = (ПЕ \rightarrow НЕ),$$

де ТП – технічне протиріччя;

ПЕ – позитивний ефект;

НЕ – небажаний ефект;

ПЕ $\rightarrow$ НЕ – позитивний ефект – причина небажаного ефекту.

«Кожна ТС може бути охарактеризована властивим їй «букетом» технічних протиріч не менш красномовно, аніж комплексом звичайних параметрів».

Поки позитивний ефект перевищує небажаний, ТП мало помітне. Коли ж погіршення починає наближатися до границь припустимого, ТП починає загострюватися.

Часто при наявності ТП інженери прагнуть знайти компроміс між конфліктуєчими параметрами системи. Авіаконструктор О. Антонов говорить: «Коли ви обмірковуєте рішення і технічні умови, виділяєте найголовніше. Тільки в крайньому випадку, якщо що-небудь не вдається виконати, йдете до припустимого. Припустимо – це деяке невиконання заданих технічних умов (цілей), так би мовити компромісне рішення. Припустимо, що конструюючи літак, ви виконуєте вимоги з вантажопідйомності і швидкості, але у вас трошки не вийде з довжиною розбігу. Тоді ви починаєте зважувати ці три важливі вимоги і, можливо, трохи поступитеся розбігом – нехай розбіг буде не 500, а 550 метрів, зате усі інші вимоги будуть виконані. Це саме те, що припустимо».

Мистецтво конструктора багато в чому залежить від уміння визначити, що треба виграти, і чим можна за це поступитися, тобто знайти розумний компроміс. Однак компроміс не завжди є оптимальним вирішенням інженерної задачі, тому що, з одного боку, неможливо досягти максимального (чи, принаймні, бажаного) значення важливого для нас параметра системи, з іншого боку – миритися з погіршенням іншого, часом не менш важливого для нас параметра.

Якщо в системі є протиріччя, то її подальший розвиток можливий лише при його усуненні. Прогрес науки і техніки полягає у викорінюванні удаваних непримиренних протиріч.

У кожному, навіть у найідеальнішому рішенні згодом виявляються внутрішні протиріччя, і якщо правильно оцінити і проаналізувати ці протиріччя, то можна знайти оригінальні рішення, вийти на новий напрямок їхнього усунення.

Одна з розповсюджених інженерних помилок полягає у тому, що, зустрівшись з протиріччям, інженери найчастіше намагаються їх просто згладити, сховати, замазати. Необхідно не уникати, не ховатися від протиріч, а шукати й оголювати їх. Якщо правильно оцінити і проаналізувати

ці протиріччя, то можна знайти невідомі, ефективні способи їхнього усунення.

Однак усунення протиріччя в ТС завжди явище тимчасове, тому що в процесі розвитку, удосконалювання будь-якої системи в ній обов'язково виникнуть нові протиріччя, тобто усунуте протиріччя є джерелом нових протиріч. Тому боротьба з протиріччями схожа на боротьбу з казковим драконом, коли на місці однієї відрубаної голови виростають дві нові. Наш світ витканий із протиріч і в ньому є тільки одне місце, де вони відсутні – це цвинтар.

Прийоми і методи усунення ТП, способи знаходження нових, оригінальних інженерних рішень на рівні винаходів і відкриттів будуть розглянуті у дисципліні "Інженерне проектування".

6.5 Помилки при виборі засобів досягнення поставленої цілі

Зіштовхуючись з новими проблемами, ставлячи нові цілі, інженер завжди співвідносить їх з тими засобами, які є в його розпорядженні.

Особливістю цілей, що ставить перед собою інженер, чи які задані йому ззовні, у більшості випадків є сполучення підкреслено конкретного завдання з великою творчою свободою у виборі засобів досягнення цих цілей. При виборі засобів досягнення цілі нерідко виникають інженерні помилки, спектр яких дуже широкий і різноманітний. Одним із найзначиміших і найбільш часто використовуваних на практиці засобів вирішення інженерних задач є знання і досвід самих інженерів. Інженер повинен знати, щоб робити, кваліфіковано й ефективно вирішувати інженерні задачі.

Однак значну частину своїх знань інженер засвоює пасивно (з технічної літератури, підручників, вузівських лекцій, неусвідомлено перейнятого чужого досвіду, і т. ін.), і сприймає їх некритично, не піддаючи сумніву. З часів Аристотеля вважалося, що важкі предмети падають швидше, ніж легкі, і пройшло багато сторіч, перш ніж Галілей засумнівався в цьому, експериментально довів неспроможність цих тверджень.

Некритичне сприйняття інформації, прийняття її на віру часто зустрічається в сучасній інженерній практиці, коли ця інформація видається електронною машиною, комп'ютером. Одержавши таку інформацію від машини, інженер часом зовсім не замислюється про

те, чи може бути застосований обраний алгоритм обробки інформації до даної ситуації, чи припустимі зроблені при цьому спрощення й обмеження.

Якщо знання інженера неточні, обмежені, помилкові, то можливість появи помилок у його діяльності дуже велика. Однак, нерідкі випадки, коли інженер, володіючи необхідними знаннями для вирішення поставленої задачі, не може співвіднести ці знання з конкретною задачею. Наявні знання і задача не перетинаються в його свідомості і лежать для нього нібито в різних площинах.

6.6 Характерні помилки при прийнятті рішень

На всіх етапах, що передують ПР, необхідно ретельно аналізувати й усувати причини можливих помилок. Коли це не виконується чи упускається з виду інженером, то ймовірність виникнення помилок при ПР зростає. На підставі практики ПР можна вказати на деякі характерні помилки.

Дуже часто спостерігається неясність щодо мети, яку переслідує вирішення задачі. Такі ситуації виникають тоді, коли приходится вирішувати багатоцільові задачі, чи коли цілі залежать від часу, чи при багатоетапних рішеннях з цілями, що змінюються. У випадку дуже складних комплексних проблем помилки можуть виникнути через неправильну постановку окремих задач. Інженер іноді усувається від самостійного формулювання мети при постановці задачі, думаючи, що це прерогатива замовника, тоді як глибокий аналіз вихідної ситуації може призвести не тільки до уточнення вихідної мети, але і до її кардинальної зміни. Помилкові рішення часто є наслідком неточно чи неповно сформульованих цілей.

Постановка задачі повинна бути оформлена в письмовому виді. При аналізі інформації помилка може виникнути через те, що поспішно миряться з нестачею інформації замість того, щоб здійснити усі можливі зусилля для одержання відсутньої інформації. Помилка може виникнути і через те, що встановлення границь змін відомого параметра виявляється недостатньо обґрунтованим.

До грубих помилок веде упередженість як у відношенні вихідних даних і варіантів рішень, так і у відношенні результатів. Завдання неминуче виглядає несерйозним, коли до фактично вже прийнятого з різних причин рішення просто шукають обґрунтування [69].

Безумовною помилкою при ПР є використання суб'єктивних тверджень, переконань типу: «вважаю, що це погане рішення» чи «це мені не подобається».

В інженерній практиці нерідкі випадки колективного ПР. Ці рішення менш суб'єктивні, принципово більш демократичні, але не завжди групові рішення кращі за індивідуальні.

Під час ухвалення рішення в групі можуть виникнути деякі деформації (помилки, розбіжності в думках), що знижують якість рішення. Іноді група, що складається з інтелігентних і компетентних людей, приймає катастрофічні рішення, що не прийняла б жодна розсудлива людина – неспеціаліст. Це пояснюється стилем мислення людей групи, у якій прагнення до одностайності важливіше, ніж реалістична оцінка можливих варіантів дій. Цьому стилю притаманні риси:

- конформістське мислення;
- тенденційний підбір інформації;
- надмірний оптимізм (з нами не може трапитися нічого поганого);
- переконаність у всесильності групи;
- обманливість ініціативи.

При груповому ПР нерідкі випадки, коли рівень ризику, що допускається групою, вищий за середній ризик, що допускається індивідумом. Це явище називається зсуванням ризику. Особливість цього феномена полягає в тому, що в групі з кожного знімається особиста відповідальність за ПР і підсилюється почуття особистої безпеки.

Передбачення можливих помилок, характерних для людей, що приймають рішення, може полегшити їхнє усунення в майбутньому. Джерелом ПР при прийнятті рішень часто є:

- тенденційний відбір інформації; ігнорування чи перекручування тих даних, що не збігаються з думкою особи, яка приймає рішення;
- необґрунтований оптимізм: «найбільше ймовірне те, що корисне»;
- ефект опору: «те, що недоступне, стає особливо привабливим («заборонений плід»));
- деформація типу: одностайність і гарна атмосфера в групі важливіші, ніж якість ПР.

Особа, що приймає рішення, повинна мати певні риси: здатність до постановки нових проблем; гнучке мислення, сміливість, високу самооцінку і впевненість у собі.

6.7 Джерела інженерних помилок у людино-машинних системах

Техніка підсилює можливості людини, розширює середовище її діяльності. Однак у людино-машинних системах спостерігається не тільки взаємодоповнення людини технікою та навпаки, але й постійна наявність гостріших протиріч між ними. Ці протиріччя складають джерела розвитку й удосконалення техніки. Людина, передаючи одну групу виробничих функцій техніці, відразу ж отримує від неї нові функції, що були відсутні раніш у виробничому процесі.

Перші інструменти, створені людиною, усунули протиріччя між недосконалістю її природних знарядь праці й природою, але відразу ж прийшлося зайнятися виготовленням цих знарядь, керувати ними, утримувати їх і т. ін. Пізніш людині вдалося передати частину цих виробничих функцій машині, але вона сама відразу ж попала в залежність від машини, бо та стала задавати їй темп та послідовність робіт, до того ж ті роботи, які не виконувала машина, повинна була виконувати людина: вмикати, вимикати машину, встановлювати заготівлі деталей, знімати готові деталі, проводити профілактичні роботи і т. ін.

Коли ж вдалося повністю автоматизувати виробничий процес та передати усі виробничі функції машині (здавалося б повна перемога, ніщо не стримує машину, не сковує її), відразу ж виникла проблема – керування цим динамічним процесом. З'явилася нова професія – оператор. І хоча техніка звільнила людину від важких фізичних навантажень, від монотонної праці, вона нагородила її важкими психологічними навантаженнями, пов'язаними часом з величезною відповідальністю, яка часто є причиною нервових зривів, стресів, емоційних перевантажень.

«Якщо помиляється робітник-станочник, з-під різця вийде одна зіпсована деталь, якщо ж помиляється оператор, який керує автоматичною лінією, – сотні й тисячі деталей підуть у брак. Наслідки помилки оператора у енергетиці ще драматичніші, а помилка пілота чи авіадиспетчера може бути роковою... З розвитком техніки зростає й роль «людського фактора», від цього фактора все більш та більш залежить й цілість самої техніки, й благополуччя людей, що довіряють їй свою долю».

Аналогічна ситуація спостерігається й у сфері комп'ютеризації виробництва. Ті інтелектуальні операції, що людина повністю усвідомила, довела до жорстких алгоритмів, автоматизма, й котрі потребують для свого виконання більшого об'єму часу, вона стала поступово передавати машині. Машина стала за неї виконувати складні розрахунки, проводити оптимізацію за обраними людиною критеріями, виконувати графічні роботи та багато чого іншого. Людина навчила машину працювати разом з собою у діалоговому режимі й у реальному масштабі часу, створивши зручні мови спілкування з машиною. Вигравши в одному, вона одночасно ускладнила собі життя у іншому, створивши цілу групу протиріч у системі людина-комп'ютер. Ось деякі з них.

Поручивши машині рутинну роботу, людина звільнила собі час для дійсно творчої роботи: генерації альтернатив, виробці критеріїв оптимізації, пошуку нових технічних рішень та ін., але всі ці роботи потребують великих затрат нервової й емоційної енергії, безперервної послідовності прийняття важливих та відповідальних рішень. Якщо при класичному способі розробки виробу (без широкого застосування обчислювальної техніки) інженер приймав відповідальні рішення один чи два рази на тиждень (інший час в нього витрачався на виконання такої рутинної роботи, як розрахунки, випуск конструкторської документації, узгодження завдання, перевірка креслень і т. ін.), то, працюючи разом з ЕОМ в режимі реального часу, він повинен приймати такі рішення вже декілька разів на день. Діалоговий режим зпресовує час, скорочує процес осмислення. Машина не залишає часу інженерові на довгі роздуми, на народження нової ідеї, на її виношування; машині непритамані муки творчості людини, завдяки чому багато оригінальних ідей при такому характері робіт можуть взагалі не виникнути.

При необхідності вирішувати складні проблеми у обмежений час виникає велике емоційне напруження (стрес).

Причина стресу у тому, що людина не може швидко оцінити складність обставин, обґрунтувати рішення, яке приймає; замість того, щоб розслабитися, вона згіршує ситуацію «страхом терміну», часом, що відводиться їй машиною. Коли ж фактор терміну зникає, проблема вирішується наче б то сама собою.

Зараз в усьому світі відбувається загальна комп'ютеризація. Обчислювальна техніка впроваджується в усі області людської діяльності –

від виконання найскладніших робіт, що потребують одночасної обробки величезної кількості інформації за дуже короткий час, до галузей ігор та розваг.

Останнім часом у інженерній діяльності все ширше застосовуються складні комп'ютерні системи, які дозволяють виконувати практично усі види проектних робіт – системи автоматизованого проектування (САПР). Ці системи постійно розвиваються, ускладнюються, удосконалюються. Якщо перші САПР дозволяли виконувати тільки деякі окремі дії, пов'язані, наприклад, з проведенням розрахунків, моделюванням окремих елементів конструкцій, виконанням креслень, то сучасні САПР – це цілі комплекси, які ув'язують не тільки весь процес розробки виробів у цілому, а й технологічну підготовку виробництва, документообіг, питання менеджменту у єдине ціле.

Можна виділити такі напрями автоматизації проектних робіт:

- створення – можливість виконувати проекційні креслення нових виробів;
- редагування – можливість вносити зміни в креслення;
- розрахунки – можливість виконувати моделювання та анімацію робіт майбутнього виробу, а також проводити різні розрахунки;
- пошук – робота з архівами конкретної галузі;
- вибір – прийняття рішень про шлях розробки проекту.

Застосування сучасних САПР при створенні електронних креслень приводить до:

- збільшення швидкості виконання креслень;
- підвищення їхньої точності та якості;
- можливості багаторазового використання креслень;
- прискорення розрахунків і аналізу при проектуванні;
- високого рівня проектування;
- скорочення витрат на удосконалення;
- інтеграції проектування з іншими видами діяльності.

За можливостями, які надаються користувачеві, САПР розділяються на інженерні, спеціалізовані, універсальні, унікальні, комплексні.

Інженерні САПР представляють собою комплекс апаратних та програмних засобів для вирішення однієї вузької проектної задачі, яку можна розглянути окремо.

Спеціалізовані САПР створюються для конкретних виробів та окремих видів робіт, використовуються у масовому виробництві, базуються на різноманітних засобах обчислювальної техніки, пристосовуються до технологічного обладнання для контролю та виготовлення.

Універсальні САПР створюються для проектування широкого класу об'єктів.

Унікальні САПР створюються для проектування об'єктів найвищої складності, виконують задачу забезпечення встановлених термінів створення та якості проекту.

Комплексні САПР – системи для проектування виробів високої функціональної та технологічної складності, у яких значна увага приділяється моделям фізичних процесів, що відбуваються у виробі.

Незважаючи на усі переваги, що дає застосування комп'ютерної техніки, тут не все так гладко, як здається на перший погляд.

Один приклад: раніш розробкою друкованих плат для електронної апаратури (розміщенням та компоновкою радіоелементів, трасировкою провідників) займалися конструктори від початку до кінця. Це була неформалізована, середнього рівня складності творча робота. Потім процес розробки друкованих плат вдалося формалізувати, виразити алгоритмами й доручити виконання усіх цих робіт, включаючи розробку конструкторської документації, машині. Коли цю роботу стала виконувати машина згідно з закладеними у неї алгоритмами, робота конструктора стала менш творчою й багато у чому здобула рутинний характер. Конструктор основну частину свого часу повинен витрачати на підготовку масива вихідних даних, на забезпечення оптимальних умов роботи машини. До того готовий результат, який видає машина, майже завжди недосконалий, бо не враховує багатьох дрібниць, нюансів. Ці дані можуть бути не передбачені у алгоритмах, або мати такий характер, що ускладнює чи робить неможливим уведення їх до програм та алгоритмів (засновані на багаторічному досвіді, інтуїції). Тому часто виконана машиною робота потребує ручної доводки.

Усі дії, що виконує комп'ютерна техніка, засновані на моделях, закладених у машину людиною. Математики створюють методи моделювання та алгоритми, програмісти реалізують ці алгоритми у вигляді програм, системні програмісти забезпечують взаємозв'язок елементів комп'ютерної техніки між собою та з людиною. Що саме

слід зробити машині – це їй повинна сказати людина. При цьому у дії машини переходять усі помилки, недоліки, що притамані людині. Якщо людина заклала у програму невірну методику розрахунків, неадекватну модель, то як би точно машина не рахувала, результат буде хибним. А інженер, який використовуватиме цю програму, буде сліпо довіряти такому результату (бо машина не може помилятись).

Багато проблем при використанні комп'ютерів виникає через віруси. Зазвичай їх створюють навмисне, але можуть бути ситуації, коли через неуважність або недостатню компетентність у створювану програму будуть привнесені помилки. Тоді сама програма стає джерелом помилок (вона містить ненавмисні віруси). Такі помилки іноді довго не можуть бути знайдені через сліпу віру у обчислювальну техніку.

Сліпа довіра машині взагалі може привести до катастрофічних результатів. На протязі восьми місяців 1979–1980 р. збройні сили США отримали три помилкових сигнала тривоги, що попереджували про напад радянських ракет. Усі сигнали надійшли з центра управління Північно-Американськими повітряними силами. Перший сигнал – результат помилки оператора, другий – відмова інтегральної схеми, третій сигнал виявився навмисним. Через декілька хвилин був даний відбій. Добре, що людина поки що не сліпо довіряє машині.

Слід відмітити ще декілька проблем комп'ютеризації інженерної праці. Справа у тому, що об'єм знань, якими володіє ЕОМ, можна безмежно нарощувати, але проку від цього буде мало, якщо ці знання не будуть відображені у голові інженера, бо при постановці цілей, виборі засобів їх досягнення він може виходити тільки з тих знань, які має особисто. Так для розрахунку надійності системи він не зможе скористуватися теорією марковських кіл (хоча програмне забезпечення машини й має такі програми), якщо не має уявлення про цю теорію.

Крім того, майже завжди алгоритми та програми створюють одні спеціалісти (програмісти), а використовують їх – інші (вчені, дослідники, інженери). Коли створюється програма, її автор може накладати на неї ряд обмежень (певні умови використання, точність розрахунків тощо). Користувач може інколи навіть не знати цих умов, або ігнорувати їх. За деяких умов це може призвести до серйозних помилок: при прийнятті рішень, порівнянні альтернатив, у розрахунках тощо. А якщо програма досить складна, то некоректне її використання недостатньо компетентним користувачем може призвести до збоїв програми чи навіть виходу з ладу комп'ютера.

Приведемо ще декілька прикладів.

Розрахунки деяких функцій (наприклад, піднесення у степінь, деякі тригонометричні функції та ін.) на комп'ютері виконуються з застосуванням ітераційних алгоритмів, результат досягається методом послідовних наближень. При цьому такий результат може бути отриманий тільки з певною точністю. Наприклад, при використанні для розрахунків електронних таблиць Excel косинус $\pi/2$ дорівнює не нулю, а якомусь дуже маленькому числу (порядка 10^{-20}). У цьому випадку неможливо використовувати алгоритми, де є вибір за умовою точного нуля, бо це може призвести до помилкових результатів.

При виконанні креслень у системі AutoCAD слід уважно дотримуватися вимог до параметрів комп'ютера. Якщо недостатня швидкість обробки, то деякі плавні криві можуть замінюватись ламаними, що призводить до помилок у зображенні (замість кола можна отримати багатокутник).

Перш ніж приступити до автоматизованого проектування, слід дуже уважно проаналізувати спектр задач, які дозволяє вирішувати та чи інша САПР, її складність, системні вимоги, доступність, вартість. Помилковий вибір САПР може привести до непередбачених наслідків. При цьому можуть бути такі напрямки помилкового вибору.

1) Система не призначена для вирішення поставлених задач. При цьому задача або зовсім не буде вирішена, або ж її рішення буде дуже трудомістким (виникне потреба дорішувати задачу за допомогою інших систем або вручну). Так, система EWB дозволяє моделювати процеси у електронних схемах, та не дозволяє виконувати їх креслення, які б задовольняли вимогам стандартів, PCAD дозволяє тільки розводити друковані плати, та не працює з виробом у цілому.

2) Система призначена для вирішення поставлених задач, але потребує адаптації до конкретних умов. При цьому виникає потреба її доробки, доведення – написання підпрограм, створення додаткових баз даних, бібліотек. САПР AutoCAD, яка напряму призначена для виконання конструкторської документації, у той же час відповідає світовим стандартам, та не відповідає стандартам країн СНД. На промислових підприємствах потрібна її попередня адаптація – робота цілих підрозділів програмістів для створення шаблонів креслень, бібліотек стандартних елементів, матеріалів, які дозволили б ефективно використовувати її конструкторам. Ці недоліки усунені у альтернативній системі розробки фірми АСКОН (Санкт-Петербург) –

КОМПАС ГРАФІК. До того ж увесь комплекс САПР КОМПАС відноситься вже до САПР «середньої ваги» і має широкі можливості тривимірного моделювання.

3) Система має значні можливості, більшість з яких не потрібна користувачеві. Це може привести до підвищених вимог до системних ресурсів, зростає загальних час на вирішення проблеми – хоча сама задача може бути вирішена значно швидше, але потребує багатьох зусиль для попередньої підготовки даних. Крім того, складні системи часто дуже важко засвоюються користувачами. Це може привести ще до одного класу помилок, що виходять з невміння працювати з системою, незнання усіх її можливостей та ресурсів. Одне з ремонтних підприємств придбало САПР «тяжкої ваги» Euclid. Це – складна система, призначена для вирішення задач твердотільного моделювання. До того ж вона досить дорога. На підприємстві система так і не була впроваджена, оскільки були відсутні задачі, які потребували б використання її ресурсів та спеціалісти, що засвоїли б роботу з нею.

Обчислювальна техніка підвищує й значно підсилює інтелектуальні потенції людини. Але нові форми взаємодії людини й техніки створили й нові протиріччя, розв'язання яких породило нові форми діяльності. Ведучою формою взаємодії людини й техніки стає психічна діяльність.

Цього часу взаємодія «людина – техніка» знаходиться у центрі уваги таких наук, як інженерна психологія, ергономіка, технічна естетика, дизайн, соціологія, конструювання, техніка безпеки, філософія і т. ін.

7 ЕКОНОМІЧНІ НЕДОРОБКИ ЯК ДЖЕРЕЛО ІІ

Під терміном «економічні недоробки» маємо на увазі повне чи часткове ігнорування економічних аспектів при прийнятті рішень.

Створюючи нову техніку, інженери наріжним каменем ставлять виконання експлуатаційних якостей, питання економічності найчастіше відсуваються на задній план чи зовсім не враховуються. Такий стан справ пояснюється відсутністю в інженерів економічного мислення майбутніми витратами. Одна з актуальних проблем сучасності – розвиток економічного мислення інженерів, тому що раціональне чи марнотратне використання ресурсів (нашого національного багатства) багато в чому залежить від тих рішень, що приймають інженери, створюючи нову техніку.

Усі витрати на проектування, конструювання, виготовлення техніки підрозділяються на функціонально необхідні витрати – мінімально можливі витрати на реалізацію необхідних функцій, і зайві витрати, що являють собою різницю між фактичними і функціонально необхідними витратами.

Причин, що викликають появу функціонально невиправданих витрат при створенні нової техніки, може бути декілька, спробуємо розібратися в деяких з них, щоб знайти шляхи їхнього зменшення.

Розгляд проведемо на основі аналізу спільної роботи конструкторів і технологів при створенні нових деталей і нескладних функціональних вузлів.

Приступаючи до розробки деталі, конструктор повинен найретельнішим чином проробити технічне завдання, не шкодуючи часу і сил на уточнення технічних вимог. І чим докладніше він їх уточнить на стадії продумування, з'ясування, коли ще немає ні ескізів, ані креслень, ані зразків, ані інструмента, тим більше він збереже ще не витрачених сил і матеріальних ресурсів.

Вивчення умов експлуатації, уміння правильно виявити основне, обов'язкове в конструктивних вимогах, відіграє в процесі конструювання виключно велику роль. Недостатньо ретельне уточнення вимог, як правило, спричиняє дуже серйозні наслідки: недооцінка вимог призводить до низької якості виробу, а через завищення їх у конструкції деталі можуть бути закладені необґрунтовані елементи, які удорожчують виріб.

Уточнення вимог впливає на весь характер робіт, тому конструктор повинен з'ясувати усе до дріб'язків. Неприпустиме ігнорування «дріб'язків» – саме в «дріб'язках» лежать величезні резерви економії.

Докладний виклад технічного завдання, розбивка завдання на окремі вимоги (елементи), ретельне уточнення кожного з них призводить до того, що більшість вимог заздалегідь визначають функцію майбутніх конструкцій, а значить роблять їх максимально відповідаючими вимогам експлуатації.

Зупинимося на прикладі створення (виборі) нової клеми для приєднання провідників.

У вимогах, що пред'являються до розробки електроапаратури й апаратури зв'язку, зустрічається така фраза: «Провідники вхідної лінії повинні підключатися до спеціальних клем». На підставі цього формулювання можна сконструювати ряд найрізноманітніших за типом і розміром клем, технології виготовлення яких будуть також різні. На рис. 7.1 показано кілька клем, конструкції яких забезпечують виконання зазначених вимог.

Спробуємо уточнити вимоги і дати їх у такому формулюванні: «Провідник вхідної лінії повинен підключатися до спеціальних клем. Конструкція клем повинна передбачати міцний затиск провідника, можливість відкручування клем без допомоги інструмента, ізоляцію голівки від струму, що протікає лінією».

Або у такому формулюванні: «Провідники вхідної лінії діаметром 0,5–1,5 мм повинні підключатися до спеціальних клем. Конструкція клем повинна передбачати забезпечення певного контактного тиску на провідник і можливості швидкого, без застосування інструмента, відключення і підключення провідника».

На підставі першого формулювання можна сконструювати клеми, подібну до варіантів «в» і «г» (рис. 7.1). Застосування інших типів клем, зображених на рисунку, при таких вимогах залишається неможливим.

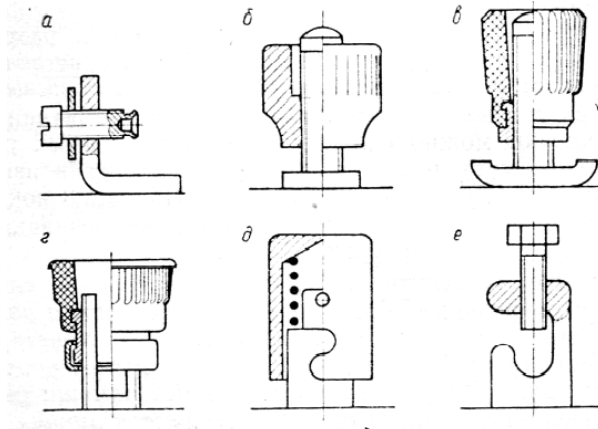


Рисунок 7.1 – Варіанти конструкції клем

Друге формулювання визначає конструкцію клем зовсім іншого характеру, подібного до варіанта «д».

З цього простого прикладу видно, що навіть невелике уточнення вимог призводить до різних напрямків у проектуванні вузлів і деталей, незважаючи на однакове їхнє призначення.

Розуміючи, що уточнення вимог впливає на весь характер роботи, конструктор з'ясовує усе до дріб'язків. Наприклад, перед конструюванням клем він з'ясовує, що необхідно забезпечити:

- зручність підключення провідника, тобто провідник повинен легко і швидко підключатися, незалежно від того, чи будуть на руках працюючого рукавички, чи є в нього будь-який інструмент;
- можливість затягування голівки плоским предметом завширшки не більш 2 мм;
- виготовлення голівки і основи кріплення клем з ізоляційного матеріалу;
- міцне кріплення провідника до клем;
- коливання діаметра провідника входної лінії в межах 0,5–2,0 мм;
- багаторазовість роботи голівки;
- припустимий люфт голівки у вільному стані;
- ізоляцію провідника від випадкового замикання.

Таке докладне уточнення вимог, що пред'являються до деталі, виключить помилки, і конструктор спроектує клему, подібну зображений на рис. 7.2.

Зручність роботи з провідником у будь-яких умовах забезпечується конструкцією спеціальної пластмасової колодки 3, у якій є конусний канал для введення провідника в гніздо. Широкий кінець конуса $\varnothing 10$ мм дозволяє легко і швидко вставляти провідник у канал; інший кінець $\varnothing 2,5$ мм точно направляє провідник у гніздо. Потрапивши в гніздо і скочаючи по його стінці, провідник обгинається навколо стрижня 4.

Голівка клеми 1, що зроблена з пластмаси і має великі ріфлення, дозволяє легко і швидко затиснути лежачий у гнізді провідник. Контакт досягається за рахунок притиснення провідника до контактної шайби 5. Для більш міцного затягування в голівці зроблений спеціальний паз, що дозволяє вдатися до допомоги інструмента. Металева втулка 2 голівки гарантує тривалість її роботи на зношення. Люфт у голівці у вільному її стані дозволяє застосувати різьблення низького класу точності, зробити втулку не особливо довгою.

Можна вважати, що така клема цілком відповідає всім вимогам, що до неї пред'являються, і є досить технологічною для крупносерійного виробництва. Подальші спроби змінити будь-що у конструкції призведуть до невиконання вимог чи до збільшення собівартості.

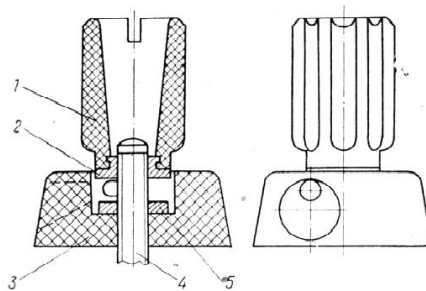


Рисунок 7.2 – Конструкція клеми з урахуванням уточнених вимог

8 ДІАЛЕКТИКА ІІІ

8.1 Позитивні аспекти інженерної помилки

Помилка, як і будь-яке складне явище, багатозначна і багатогранна, містить у собі як негативні, так і позитивні компоненти. Подивившись на помилку іншими очима можна зробити висновок, що помилка є однією із складових технічного прогресу. Так що ж таке ІІІ – добро чи зло, друг чи ворог? Така постановка питання не зовсім коректна. Це все одне, що запитувати: «Електричний струм – це добре чи погано?» Добре, коли він у лампочці і світить, і погано, коли б'є струмом. Але електричний струм є електричним струмом, він і «світить», і «б'є», і усе залежить від ситуації, яка розглядається і аналізується.

Людам занадто дорого обходяться інженерні помилки і прорахунки, тому в суспільстві виробилося стійке негативне ставлення до помилок, і теза «ІІІ – як двигун технічного прогресу» навряд чи сприймається всерйоз. Щоб оцінити роль помилки в інженерній діяльності, необхідно досягти діалектичну суперечливість цього явища і виробити правильне ставлення до нього. «Немає в природі зовсім шкідливих явищ. Якщо і вважають явище шкідливим, то це тільки тому, що його не освоїли, не знайшли йому придатне місце в техніці, не зуміли підкорити собі».

Дійсно, якщо ІІІ містить позитивні компоненти, то гріх ними не скористатися як у ВУЗі при навчанні студентів, так і на виробництві при професійному становленні інженера як фахівця.

Створення нової техніки – прерогатива інженера, при цьому його досвід і знання є основним засобом вирішення поставленої задачі. Звичайно при аналізі специфіки інженерної діяльності основну увагу звертають на процес створення технічного об'єкта, залишаючи за кадром проблему формування і становлення фахівця, зростання його професійної майстерності.

Так у чому ж цінність ІІІ?

ІІІ змушує задумуватися, виявляти причину своєї появи, шукати засоби для усунення її негативних наслідків; помилка виховує обережність, уберігає від необдуманого авантюризму, сприяє швидкому професійному зростанню і т. ін.

Помилка може стати каталізатором, стимулятором пошуку нових ідей, нових технічних рішень. Відкриття причин появи помилки – це завжди крок до більш глибокого розуміння суті явища.

Мислення інженера при вирішенні більшості інженерних задач проходить на операційному і предметному рівнях, у той час як процес виявлення й усунення помилок включає в роботу усі сфери і рівні мислення. Це в першу чергу рефлексивне мислення – «чому відбулася помилка? де я допустив промах?»; це включення особистісного рівня, тому що свої помилки гостро переживаються, вони проходять не тільки через розум, але й через серце, вони завжди емоційно забарвлені. Прагнення знайти вихід з положення, що створилося, виправити помилку активізує роботу надсвідомості, спрямованої на відшукування нових невідомих способів вирішення задачі, що виключають помилку.

Виявляючи свої помилки, виправляючи їх, людина одержує нові знання й уміння, шліфує свою професійну майстерність, здобуває досвід (під досвідом люди звичайно мають на увазі власні помилки). Безумовно, позитивною гранню помилки є те, що помилка активізує пошукову активність, що відіграє в житті людини величезну роль.

8.2 Інженерна помилка як ефективний інструмент пізнання та професійного росту інженера

Нижче наведені деякі рекомендації щодо формування процесу навчання у ВУЗі і професійного становлення на виробництві.

ВУЗ повинен навчити студента учитися, навчити самостійно одержувати необхідні знання для своєї практичної роботи. У наш час знання – товар, який швидко псується, деякі знання застарівають протягом декількох років, і для своєї професійної роботи інженер повинен сам активно добувати, поповнювати й обновляти арсенал своїх знань.

Включення студентів у процес здобуття нових знань має не менше, а нерідко більше значення, ніж засвоювання готових знань. Найчастіше багато видів методичних указівок з виконання тих чи інших видів навчальних занять містять докладний алгоритм їхнього виконання. Коли студенту заздалегідь відома уся процедура виконання завдання, його мислення взагалі не працює, або працює

пасивно. Людина, що просто виконує методичні вказівки, не вдаючись у їхню суть, схожа на осла, навантаженого розумними книгами.

Відкриття істини, пізнання природи – процес складний, суперечливий, такий, що таїть у собі помилкові напрямки, помилкові гіпотези, омани; шлях до щирого знання, що адекватно відбиває явища природи, найчастіше довгий і складний. Однак наші підручники підносять наукові і технічні знання як знання-догми, знання в останній інстанції, і зовсім не знайомлять студентів з процедурою одержання цих знань, з методами пошуку, з методами виявлення допущених помилок і оман.

Пасивне засвоєння готових, рафінованих знань виробляє споживчу звичку, і, зрештою, є джерелом багатьох ПП.

Схема навчання повинна бути змінена, необхідно перейти від передачі усієї сукупності готових знань до пошуку частини цих знань самими студентами. У першому випадку це, як правило, добуті кимось, оброблені, систематизовані знання підручника, пасивно засвоєні, у другому – рефлексивні, проведені через досвід студента шляхом акумуляції його емоційних переживань, інтелекту і поведінки. Те, що людина робить сама, вона запам'ятовує на 90 %, те, що бачить – на 50 %, а те, що чує – тільки на 10 %, тому кращий спосіб вивчити щонебудь – це відкрити самому. Коли знання добуто самим студентом, то до цього знання в нього виявляються «батьківські почуття».

Навчання повинне бути складним, але посильним. Необхідно, щоб успіхи чергувалися з невдачами, з деякою перевагою успіхів над невдачами, що сприяє правильному формуванню в студента й інженера образу власного «Я», що може мінятися в кращу чи гіршу сторону в процесі нагромадження практичного досвіду.

Знайшовши помилку в роботі студента (інженера), іноді доцільніше не вказувати на помилку відразу, а шляхом уточнень, наводжуючих запитань спробувати підвести виконавця до думки про те, що рішення не зовсім раціональне, що воно, можливо, і помилкове, створити ілюзію того, що цього висновку він дійшов самостійно. Найгірший засіб при виявленні помилки – указувати її безпосередньо. Цей розповсюджений спосіб може не тільки не дати ніякої користі, але й призвести до прямо протилежного результату. Поганий керівник указує на помилку, гарний – допомагає її знаходити. Часом більш цінним є не виявлення помилки, а пошук причин її виникнення, чому

вона відбулася, відсутність яких знань сприяло цьому. Помилка таким чином перетворюється в «знання про незнання».

У деяких випадках можна погодитися зі знайденим помилковим рішенням, але запропонувати виконавцеві спробувати знайти більш раціональне, більш ефективне рішення, усунути деякі недоліки рішення, запропонованого виконавцем. Перевага такого підходу полягає в тому, що в ньому стратегія витиснення (відмовлення від самостійно знайденого рішення) замінюється стратегією заміщення, що завжди сприймається менш болісно.

Українська небажано при виявленні помилки показувати неспроможність, нікчемність студента, кривдити, ображати його, стверджуючи, що це ніколи не буде працювати, що так ніхто ніколи не робить, що потрібно хоч трохи думати, коли пишеш і т. ін. Таке ставлення викладача автоматично ставить студента в оборонну позицію, і він часто, не усвідомлюючи того, наполягає на своїй помилці. Необхідно, щоб помилка не підривала віру студента у свої сили і здібності.

При оцінці роботи студента небажано порівнювати його роботу з роботою інших студентів, його відповідь – з відповіддю його колег. Людину необхідно порівнювати тільки із самою собою, і якщо сьогодні вона відповідає гірше, ніж учора, то й осуд цієї гіршої відповіді в порівнянні з минулими досягненнями не в змозі підірвати віру у свої можливості і носить стимулюючий характер.

Коли робота слабого студента порівнюється, та ще і прилюдно, з роботами добре встигаючих студентів, то самий факт такого порівняння дуже небажаний, тому що він формує стійку безпорадність, відмову від пошуку.

Помилка - гарний учитель. Вона змушує задумуватися, шукати вихід з положення, що створилося, дає нове знання, збагачує наш досвід; на своїх помилках ми учимося все життя, свої помилки добре запам'ятовуються, вони проходять не тільки через розум, але і через серце. Але шлях навчання життєвої мудрості і професійній майстерності на своїх помилках тривалий і дорого нам обходиться. Багато було б навчатися не стільки на своїх, скільки на чужих помилках, але це не просто, адже чуже не болить. Чужу помилку можна зрозуміти розумом, але не завжди можна зробити відповідні висновки і виробити стратегію її подолання. Можна чужі помилки збирати, класифікувати, видавати у вигляді методичних указівок,

посібників, довідників, каталогів, але ознайомлення з ними, вивчення їх – процес інформаційний, а тому пасивний. При такому методі роботи з чужими помилками вони пізнаються, але не переживаються, не проходять через власний досвід. Підтвердженням низької ефективності використання негативного чужого досвіду є техніка безпеки. Усі її рекомендації, кожен рядок цієї науки написані здоров'ям, життям і кров'ю людей, але, незважаючи на те, що техніку безпеки вивчають у навчальних закладах, проводяться інструктажі на виробництві, складаються іспити і заліки – нещасні випадки на виробництві відбуваються з завидуваною сталістю.

Говорять, що на своїх помилках ми учимося, на чужих – робимо кар'єру. Шлях навчання на своїх помилках тривалий і дорого нам обходиться, хотілося б використовувати грізний досвід інших. Але як це зробити?

Метод навчання студентів на чужих помилках, видимо, повинен полягати в тому, щоб створити таку ситуацію, у якій студент змушений був би сам знаходити ці помилки, з'ясовувати причини їхньої появи і відшукувати (пропонувати) шляхи їхнього усунення.

Такий метод дозволить чужу помилку зробити «своєю», добре її запам'ятати (можливо, навіть її пережити), і тоді до неї виникнуть «родинні почуття». Недарма після закінчення багатьох видів робіт проводиться «розбір польотів», коли колектив аналізує отриманий результат, виявляє недоліки, що проявилися, і недогляди і виробляє відповідні висновки і рекомендації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерні помилки: Навчальний посібник. / Г. Р. Перегрін, Л. І. Башмакова, І. Є. Поспєєва, О. О. Соріна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2007. – 289 с.
2. Джонс Дж. К. Методы проектирования. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
3. Хубка В. Теория технических систем: Пер. с н. – М.: Мир, 1987. – 208 с.
4. Ступаченко А. А. САПР технологических операций. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 233 с.
5. Рогозин В. М. Проектирование как объект философско-методологического исследования // Вопросы философии. – 1984. – № 100. – С. 111.
6. Соболев П. А. Как научиться изобретать. – Ужгород: Карпати, 1973. – 127 с.
7. Гмошинский В. Г., Флиорент Г. И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. – М.: Наука, 1973. – 303 с.
8. Юнг К. Г. Психологические типы. – М.: Госиздат, 1999. – 105 с.
9. Аугустинавичюте А. Соционика: в 2 т. – Санкт-Петербург: Издательство АСТ, 1998. – 125 с.
10. Филатова Е. С. Соционика для всех. – СПб.: Дельта, 1999. – 102 с.
11. Гуткин Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. радио, 1975. – 357 с.
12. Бердичевский Б. Е. Вопросы обеспечения надежности РЭА при разработке. – М.: Сов. радио, 1977. – 384 с.
13. Крик Э. Введение в инженерное дело. Пер. с англ. – М.: Энергия, 1970. – 176 с.
14. Мартинс Дж. Технологическое прогнозирование. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1977. – 591 с.
15. Каменев А. Ф. Технические системы: закономерности развития. – Л.: Машиностроение, 1985. – 216 с.
16. Перегрин Г. Р., Бичевой А. Ф., Кораблев В. М. Технология инженерной деятельности как научное направление // Электрический журнал. – 1999. – №2. – С. 12–15.