

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для студентів денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст, магістр спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Машини і технології пакування»

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ 2017

Конспект лекцій з кредитного модуля «Сучасні методи проектування» для студ. денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст, магістр зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Машини і технології пакування» / Уклад.: І.О. Казак. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 65 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол № 4 від 22.05.2017 р.)*

Навчальне видання

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для студентів денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст, магістр спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Машини і технології пакування»

Авторська редакція

Укладач:

І.О. Казак, к.п.н.

Відповідальний редактор

Д.Е. Сідоров, к.т.н., доц.

Рецензент:

А.Р. Степанюк, к.т.н., доц.

ВСТУП

Лекції з кредитного модуля «Сучасні методи проектування» проводяться зі студентами денної форми навчання за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Машини і технології пакування» у першому семестрі навчання спеціалістів, магістрів. Зміст цих методичних матеріалів відповідає робочій програмі з кредитного модуля «Сучасні методи проектування».

В практичній діяльності інженера-механіка з технологій і обладнання для пакування все більш необхідною складовою є застосування теоретичних положень сучасних методів проектування. Вони використовуються у процесі розробки проектів з різноманітних технічних рішень за фахом.

Метою кредитного модуля є освоєння студентами основних теоретичних положень на прикладах комплексного рішення задач проектування базового устаткування, його модернізації, обґрунтування вибору рішень та перспективи розвитку і застосування.

Метою цих методичних матеріалів являється отримання і закріплення знань з даного кредитного модуля про сучасні методи проектування, життєвий цикл виробу, види технічної документації в процесі проектування технологічного обладнання, яке починається з аналізу завдання, і включає пошук принципових проектних технічних рішень для різноманітних конструкцій обладнання за фахом, а також про системно-ієрархічний підхід у процесі проектування та про оформлення отриманого продукту проектування – проекту згідно вимог до технічної документації.

ЛЕКЦІЯ №1

ТЕМА 1. СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ

Питання лекції

1. Загальні положення про проектування: проектування, метод, складність процесу проектування, психологічні чинники творчої діяльності.

2. Методи проектування: евристичні методи, метод ітерацій (послідовного наближення), метод контрольних запитань, метод мозкового штурму, метод морфологічного аналізу, асоціативні методи пошуку нових технічних рішень

1. **Загальні положення про проектування: проектування, метод, складність процесу проектування, психологічні чинники творчої діяльності**

Проектування являє собою послідовність виконання взаємообумовлених дій - процедур. У свою чергу, процедури передбачають використання певних методів, заснованих на тих чи інших законах природи і суспільства.

Метод - це прийом або спосіб дії з метою досягнення бажаного результату. Його вибір залежить не тільки від виду розв'язуваної задачі, а й індивідуальних рис розробника (його характеру, організації мислення, схильності до ризику, здатності приймати рішення і нести за них відповідальність і т.п.), умов його праці та оснащеності засобами оргтехніки.

Складність процесу проектування (як і будь-який іншої творчої діяльності) полягає в нестандартності проектних ситуацій, які викликають необхідність знання і володіння різними методами: *евристичними, експериментальними, формалізованими*.

Евристичні методи оперують поняттями і категоріями (абстрактними, конкретними).

Формалізовані методи - конкретними параметрами або їх групами.

Експериментальні методи - фізичними (та іншими) об'єктами і їх характеристиками.

Застосування методу дозволяє знайти те чи інше рішення. Ті методи, які будуть володіти відмінними характеристиками і високою ефективністю, часто називають сильними рішеннями. Застосування методу завершується вибором остаточного варіанту, тобто прийняттям рішення.

Психологічні чинники творчої діяльності.

На творчі здібності впливають спадковість, навколишнє природне і соціальне середовище, науково-технічна підготовка, ступінь розвитку уяви, здатність мислити образно і інші фактори. При цьому образність мислення сильно розвивають практичний досвід і мистецтва: впершу чергу - пластичні: живопис, графіка, скульптура. Однак у творчому процесі важливі не тільки здібності, але і знання факторів, які можуть перешкодити успішному

досягненню мети. Г.Я. Буш виділяє ряд неефективних стратегій вирішення завдань проектування і синдромів, що породжують бар'єри творчості.

Неефективні стратегії стосовно до людини з європейським складом характеру:

- стратегія осла Бурідана - перевага існуючого положення всяким змінам;
- стратегія Одиссея - очікування випадкового осяяння творчою ідеєю;
- стратегія Обломова - байдужість до суспільно значущим цілям;
- стратегія Антисфена - не зраджувати зовнішній світ, а внутрішньо пристосовуватися до нього.

Синдроми (поєднання ознак із загальним механізмом виникнення), що породжують ***перешкоди прояву або розвитку творчості***: • ситуативні бар'єри - географічні, відомчі, режимні, бюрократичні, отримання і розуміння інформації, роз'єднання творчого колективу в просторі, шкідливого впливу зовнішнього і соціального середовища, ситуаційний антагонізм у творчому колективі: • контрсугестивні бар'єри - упередження, невіра в свої сили, недовіра до колег, егоцентризм, нігілізм, замкнений спосіб життя, відсутність гумору, апатія; • тезаурусні бар'єри - низький рівень інтелектуального розвитку, відсутність навичок громадської і творчої діяльності, неясне усвідомлення власних цілей, відсутність особистого фонду власних евристичних методів; • бар'єри комунікабельності - невміння планувати і організовувати колективне вплив, творча взаємодія і дружнє змагання, відсутність контактів з інформаційними та патентними службами, невикористання можливостей обміну досвідом та консультацій фахівців. Бар'єри не завжди легко переборні, але зазвичай є можливість зменшити накладаються ними обмеження. *Успіх також залежить і від особистих якостей інженера. Найбільш важливі наступні риси характеру:* • впевненість у необхідності і можливості вирішення задачі; • свобода від забобонів; • здатність приймати рішення і нести за них відповідальність.

2. Методи проектування: евристичні методи, метод ітерацій (послідовного наближення), метод контрольних запитань, метод мозкового штурму, метод морфологічного аналізу, асоціативні методи пошуку нових технічних рішень

1. Евристичні методи засновані на підсвідомому мисленні, не допускають алгоритмізації і характеризуються неусвідомленим (інтуїтивним) способом дій для досягнення усвідомлених цілей. Поняття «евристика», що в перекладі з грецького означає «відшуковую», «відкриваю», вперше зустрічається в 300 р н.е. в працях грецького математика Паппа, хоча і він уже посиляється на своїх попередників.

Часто евристичні методи ще називають методами інженерного (винахідливого) творчості. Евристичні методи та моделювання притаманні тільки людині і відрізняють його від штучних інтелектуальних (мислячих) систем. В даний час до сфери людської діяльності відносять: • постановку

задачі; • вибір методів її рішень і побудова (розробка) моделей і алгоритмів, висування гіпотез і припущень; • осмислення результатів і прийняття рішень. Варто відзначити, що важливою особливістю саме людської діяльності є наявність у ній елемента випадковості: незрозумілі вчинки і навіжені рішення часто лежать в основі оригінальних і несподіваних ідей. Однак з розвитком обчислювальної техніки виконання все більшого числа функцій беруть на себе автоматичні системи, при цьому виконуючи роботу швидше і ефективніше людини. Завдання людини як *homo sapiens* - насамперед, вдосконалюватися в евристичних процедурах, а не у виконанні 2 алгоритмізованих операцій, щоб згодом не виявитися витісненим «розумної» технікою. Експериментальні методи засновані на використанні реальних об'єктів і фізичних (хімічних, соціальних і т.д.) моделей. Незважаючи на складність, тільки вони дозволяють отримати найбільш достовірні і надійні вихідні дані та результати рішень, служать основою для розробки інших методів і моделей. Однак слід пам'ятати, що ступінь об'єктивності результатів досліджень залежить від грамотності постановки і проведення експерименту і обробки його результатів. Знання законів, що лежать в основі роботи досліджуваних об'єктів і процесів, дозволяє використовувати формалізовані методи. Такі методи будуються на основі чітких вказівок допомогою мови схем, математичних формул, формально-логічних відносин і алгоритмів. Головною їх рисою є незалежність одержуваних результатів від індивідуальних рис людини. Зазвичай завдання з повністю формалізованим рішенням перестають цікавити людини, їх відносять до розряду рутинних. Оскільки експериментальні та формалізовані методи використовуються людиною, то в них в тій чи іншій мірі присутній елемент евристики. Людина може як посилювати ефективність вирішення завдяки творчому початку, так і вносити помилки і спотворювати результати (свідомо чи несвідомо) в силу суб'єктивності. Спільне використання в процесі проектування формалізованих і евристичних методів називають еврорітмом.

Евристичні методи Довгий час в основі творчості лежали методи проб і помилок, перебору можливих варіантів, очікування осяяння і робота за аналогією. Так, Едісон провів близько 50 тисяч дослідів, поки розробляв пристрій лужного акумулятора. А про винахідника вулканізованої гуми Чарльза Гудієра (Goodyear) писали, що він змішував сиру гуму (каучук) з будь-яким траплялося йому під руку речовиною: сіллю, перцем, цукром, піском, касторовою олією, навіть з супом. Він слідував логічного висновку, що рано чи пізно перепробує все, що є на землі і, нарешті, наткнеться на вдале поєднання. Проте з часом такі методи почали приходити в протиріччя з темпами створення і масштабами сучасних об'єктів. Стали вироблятися рекомендації, що дозволяли більш усвідомлено підходити до проектування як творчої 3 діяльності. Найбільш інтенсивно пошуком нових методів зайнялися з другої половини 20 століття, причому не тільки за допомогою вивчення прийомів і послідовності дій інженерів та інших творчих працівників, а й на основі досягнень психології і фізіології мозку. Зараз практично у всіх процвітаючих фірмах, зайнятих створенням матеріальної і нематеріальної (програми, методики) продукції,

пошук нових ідей і рішень ведеться за допомогою тих чи інших евристичних методів. А для сучасного інженера знання цих методів стає настільки ж необхідним, як і вміння писати і читати. Навіть журналісти, художники, бізнесмени та представники інших професій, хто гостро потребує оригінальних ідей, активно використовують такі методи. **Результати творчої діяльності У науці і техніці виділяють наступні результати творчої діяльності:**

- **відкриття**, тобто встановлення раніше невідомих об'єктивних закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу з обов'язковим експериментальним підтвердженням. **Відкриття**, в основному, є продуктом наукової діяльності, але вирішальним і революційним чином визначає розвиток техніки. На відкриття існує пріоритет (право першості), але немає права власності на використання;
- **винахід**, тобто нове і володіє істотними відмінностями технічне рішення задачі, яке не є очевидним наслідком відомих рішень. **Винахід** відноситься до об'єктів інтелектуальної власності і на нього розповсюджується авторське право (монопольне право власності на використання). *Зміст винаходу публікується. Винахіднику видається патент, який свідчить про його право і пріоритеті на винахід (раніше в нашій країні замість патенту видавали авторське свідоцтво).* Авторське право може бути віддана (продано). Винахід може бути використано в комерційних цілях тільки з дозволу патентовласника на основі ліцензійного договору;
- **раціоналізаторську пропозицію**, тобто пропозиція щодо поліпшення конструкції реального виробу або процесу його виготовлення, що не містить істотно нових рішень (з недостатньо істотними відмінностями) і з незначною ефективністю. Часто як рацпропозиції оформляють застосування рішення, невідомого на даному підприємстві, але відомого в інших місцях (але слід бути обережним з можливим порушенням авторських прав). Поняття рацпропозиції існує всього в декількох країнах як спосіб заохочення винахідництва і залучення в нього широкого кола працівників підприємства;
- **ноу-хау** (know-how, «знаю, як»). Під цим терміном зазвичай мають на увазі технічну, організаційну або комерційну інформацію, що становить секрет виробництва (будь-якого) і має комерційну цінність (ноу-хау не відноситься до державних секретів). На відміну від патенту на винахід, на ноу-хау існує тільки право на захист майнових інтересів у разі їх незаконного отримання та використання.

В даний час розроблено і ефективно використовується кілька десятків евристичних методів. Універсальних серед них немає, і в кожній конкретній ситуації слід пробувати застосувати ряд методів - основне їхнє призначення полягає в активізації творчої діяльності. Це досягається наступними заходами:

- подолання психологічної інерції, обумовленої звичними способом мислення і типовими методами вирішення завдань певного класу. Помічено, що близько 80% нововведень спочатку фахівцями заперечується як нереальні. Інерцію розвивають і підсилюють:
- Рецептурне навчання і проектування за аналогією;
- Підсвідома віра в те, що кожна річ і явище служать строго

визначеної мети; - Усталена термінологія. Ф. Енгельс писав: «У науці кожна нова точка зору тягне за собою революцію в технічних термінах»;

- мобілізація підсвідомості. Людина усвідомлює тільки ті процеси, які протікають в корі головного мозку, що містить близько 10% нервових клітин. Інша частина клітин відноситься до підсвідомості. Але обидві ці частини мозку пов'язані між собою, що і можна використовувати як резерв людських можливостей. Проте слід бути обережним, так як помічено, що тривале активно-примусове залучення підсвідомості призводить до психічних відхилень;

- розширення перспектив бачення, чому перешкоджає надмірна спеціалізація освіти і вузькопрактичний підхід. Необхідно застосування різноманітних методів, розширення області пошуку нових ідей і збільшення їх кількості. Людська думка не стоїть на місці - евристичні методи все далі удосконалюються і розвиваються: від загальних рекомендацій - до послідовності дій, далі до алгоритмізованим методам і, нарешті, до створення штучного інтелекту.

Наведемо короткий опис і характеристику основних методів, знання яких мінімально необхідно як у власній діяльності, так і для розуміння принципів роботи інтелектуальних систем.

2. Метод ітерацій (послідовного наближення)

Процес проектування ведеться в умовах інформаційного дефіциту, який проявляється в наступному:

- неможливість заздалегідь точно вказати умови роботи проектного об'єкта, не знаючи його конкретного виду та пристрої (вихідні дані залежать від виду кінцевого рішення); • виявлення у процесі проектування суперечливих вихідних даних, тобто неможливість досягнення технічного рішення при спочатку запропонованих даних, що опинилися взаємовиключними;

- поява в процесі проектування необхідності врахування додаткових умов і обмежень, які раніше вважалися несуттєвими;

- перерозподіл за ступенем важливості показників якості, так як може з'ясуватися, що показник, що раніше вважався другорядним, дуже важливий (і навпаки).

Така невизначеність в процесі проектування усувається за допомогою виконання ітераційних процедур. Спочатку завдання вирішується при можливих значеннях вихідних даних і обмеженому числі врахованих чинників (перший цикл ітерацій, так зване «перше наближення»). Далі повертаємося в початок завдання і повторюємо її рішення, але вже з уточненими значеннями вихідних даних та переліком факторів, знайденими на попередньому етапі (другий цикл ітерацій, «друге наближення»). і т.д. Число циклів ітерацій залежить від ступеня невизначеності початкової постановки задачі, її складності, досвіду і кваліфікації проектувальника, необхідної точності рішення. У процесі наближень можливо не тільки уточнення, але і відмова від початкових припущень. Якщо хочуть підкреслити, що початкове рішення задачі виконувалося в умовах повної або великої невизначеності, перший цикл

ітерацій називають «нульовим наближенням». Не треба боятися ітерацій у своїй роботі, оскільки ще жоден технічний об'єкт (а також законопроект, книга і т.д.) не був створений з першого разу. З іншого боку, бажано не захоплюватися ітераціями при виконанні дорогих або тривалих проектних робіт. В окремому випадку, коли немає ніяких припущень щодо вирішення завдання.

Метод послідовних наближень можна сформулювати у вигляді поради: - Якщо не відомо, що і як робити (немає ідей, даних, визначеності і т.п.), візьміть в якості вихідного рішення будь-яке відоме (ідею, схему, дані, ...) або припустите яке-небудь (але бажано розумне) рішення задачі. Проаналізувавши обране рішення на відповідність умовам завдання, стане видно, що вас у ньому не влаштовує і в якому напрямку його треба покращувати.

3. Метод контрольних запитань

Як відомо, стародавні греки вважали наймудрішою людиною на світі Сократа, а той вважав, що вміє в житті робити добре тільки одне - ставити запитання. За їхньою допомогою співрозмовники самі знаходили істину. Можливо, відсутність під рукою у кожного винахідника свого Сократа спонукало ряд винахідників пошукової діяльності замінити співрозмовника-мудреця на список контрольних запитань [15]. **Метод контрольних запитань (МКЗ) - один із методів психологічної активізації творчого мислення.** Його мета - за допомогою навідних питань підвести до розв'язку задачі. Списки таких питань пропонувалися з 20-х років минулого століття. МКЗ може застосовуватись у вигляді монологу винахідника, у вигляді промови, зверненої до самого себе, наодинці з собою, або у вигляді діалогу винахідників, наприклад, в серії запитань, що задаються керівником мозкового штурму членам групи „генераторів ідей». Широко відомі списки контрольних запитань, які пропонували А.Осборн, Д.Пірсон, Е.Раудзенц, Г.Буш та ін. Наприклад, список автора мозкової атаки А.Осборна утримує 9 груп запитань [15]: „1. Яке нове застосування технічному об'єкту ви можете запропонувати?... 3. Які модифікації технічного об'єкта можливі?... 5. Що 7 можна в технічному об'єкті зменшити?...». Остання з вище згаданих груп містить зокрема такі запитання: Що можна змінити? Чи можна що-небудь ущільнити? Стиснути? Згустити? Сконцентрувати? Зменшити? Прискорити? Звузити? Розробити? І т.д. Одним з кращих можна вважати список запитань, складений англійським винахідником Т.Ейлоартом. Це свого роду програма роботи талановитого винахідника, який з фантастичною наполегливістю намагається розв'язати задачу методом спроб і помилок. Деякі запитання потребують розвинутої уяви, інші - глибоких і різнобічних знань. Список контрольних запитань по Т.Ейлоарту наведено в [15] і з ним можна ознайомитись самостійно. В сучасних умовах МКЗ може бути використаний лише на початкових стадіях постановки або розв'язування технічно нескладних задач. Справа в тому, що будь-яке формулювання запитання звичайно має на увазі можливі одноразові зміни об'єкта. Розв'язування складних задач вимагає комбінації змін. І хоча в питаннях пропонується розглянути такі комбінації, але не пропонуються методичні

рекомендації, як це зробити і як оцінити отримані результати. Однак фрагменти із списків контрольних запитань і навіть цілі списки входять до складу низки сучасних складніших і ефективніших методів пошуку. Тому застосування списків іноді відносять до методів ліквідації безвихідних ситуацій. І тут можна привести пораду Ходжі Насреддіна: „Якщо тобі потрібно прийняти важливе рішення, - обов'язково порадься з дружиною, вислухай її дуже у важно...і зроби навпаки».

4 Метод мозкового штурму

Мозковий штурм (МШ) відомий і під такими назвами, як мозкова атака, брейнстормінг, брейн-ринг, облога мозку, метод обміну думками тощо, та застосовується для отримання нових ідей в науці, в техніці, в адміністративній і торговельній діяльності. МШ, як один із популярних методів психологічної активізації колективної творчої діяльності, запропонований американським підприємцем і винахідником А.Осборном у 1951 році, хоча він почав розроблятися на рубежі 30-х - 40-х років. Метод мозкового штурму застосовувати не дуже важко. Для цього потрібне невелике тренування. Але часто цей метод ні до чого не приводить. В основі МШ лежить припущення, що розв'язок завдання можна отримати, даючи вихід з підсвідомості направленою потоку ідей. А.Осборн розумів, що лише невеликий відсоток людей вдатний висловити нові, ще сирі, не сформульовані думки. І тут з'являється парадокс: щоб зменшити упорядкованість мислення, пануючу в свідомості, яка спрямовується психологічною інерцією, і допомогти новим ідеям прорватися із підсвідомості в свідомість, необхідно внести порядок в саму процедуру МШ, ввівши деякі правила:

Перше правило. Ніяка критика й винесення суджень, сприятливих або несприятливих, в процесі генерування ідей не допускаються. Коли критика не допускається, будь-яка ідея добра і її легше висловити.

Друге правило. При МШ потрібно якомога більше ідей. Потрібні різноманітні ідеї і думки, які необхідно висловлювати вільно, не скуто, не задумуючись. В одному американському посібнику з мозкового штурму говориться: «99% ваших конструктивних ідей виникають подібно електричній іскрі при контакті з думками інших людей»[17].

Третє правило. Члени групи не повинні бути дуже глибоко пов'язані один з одним і особисто зацікавлені у завданні, що розглядається. Вони повинні мати уявлення про завдання, знати й розуміти його, але не зобов'язані бути фахівцями у цьому напрямку, хоч і не повинні бути невігласами.

Завдання послідовно розв'язують дві групи людей по 4-15 чоловік в кожній. Допускається й менше, й більше число учасників. Перша група тільки висуває різноманітні ідеї - це група «генераторів ідей». В ній бажано мати людей, схильних до абстракції і з буйною фантазією (екстравертів). Сюди потрібно включити й суміжників (конструктора, технолога, економіста і постачальника) і одного-двох чоловік «зі сторони», що не мають ніякого відношення до завдання (лікаря, перукаря, поштового працівника). Ця група

«штурмує» завдання на протязі 20-50 хвилин з регламентом 2 хвилини на ідею, які фіксуються в протоколі, або записуються на магнітофон.

Друга група після закінчення «штурму» виносить думку про цінність висунутих ідей. Це група «експертів», сюди краще включати людей з аналітичним, критичним складом розуму (інтровертів). У завдання експертів входить не тільки оцінка ідей, але й аналіз прихованих можливостей в кожній пропозиції. Тому фахівці-експерти повинні дати свої висновки з висунутих ідей і детально розібрати їх, обов'язково вишукуючи в них раціональні зерна, що містить будь-яка ідея, якою б парадоксальною вона не була. Процесом розв'язання завдання управляє керівник, який ставить запитання, інколи підказує, направляє дискусію в потрібному напрямку, слідкуючи за тим, щоб висловлювались не тільки дуже практичні ідеї, а й фантастичні і непрактичні, які можуть дати поштовх іншим ідеям. Якщо завдання не розв'язане в процесі «штурму», то його можна повторити, але краще з іншим колективом. Для активізації процесу генерації ідей в процесі «штурму» рекомендується використовувати розглянуті вище прийоми, які з успіхом використовуються винахідниками (інверсія, емпатія, аналогія, уява та фантазія). На перший погляд може здатись, що мозкова атака - інструмент не дуже серйозний, екзотичний і не дуже прийнятний для земних винахідницьких і раціоналізаторських задач. Але це не так. З її допомогою можуть розв'язуватись досить різноманітні, в тому числі й досить складні завдання. Більше того, деякі керівники науково-технічних колективів стихійно використовують правила мозкової атаки у своїй роботі, не будучи знайомими з ідеями Осборна, влаштовують «неофіційні» наради в домашній атмосфері, за чашкою чаю і доброзичливо розглядають будь-яку висунуту ідею при розв'язанні гострих науково-технічних питань. При цьому часто запрошуються на такі наради і не фахівці, а люди «зі сторони», які не мають досвіду з розв'язання поставленого завдання. До речі, багатьма творцями науки і техніки у різних формах висловлювалась думка про те, що неочікувані вирішення знаходять частіше не фахівець, а той, хто не знає того, що дана задача не розв'язується. І можна навести чимало прикладів на користь цієї думки.

Приклад. Так, у США в зв'язку із проблемою збільшення транспортних перевезень морським шляхом при втратах суден, під час 2-ої світової війни виникла гостра проблема в прискоренні виробництва нових суден. А суднобудівники будували судна на стапелях дуже повільно. Будівництво же нових стапелів в свою чергу вимагало багато часу. До вирішення задачі запросили автомобілебудівників. І вони запропонували технологію будівництва суден в строк, який був майже на порядок менший. Відомий і такий факт, коли Форд вимагав від своїх конструкторів створити автомобіль масою в 1 т, а вони не могли зробити автомобіль легший 1,5 т. Тоді Форд запросив авіаконструкторів і вони ніяк не могли сконструювати автомобіль, важчий 500 кг.

Все ж ефективність МШ визначається не тільки запрошенням «сторонніх». На час сесії створюється атмосфера невимушеного обміну

думками, коли значно легше варіювати й комбінувати ідеї, висловлені учасниками різних спеціальностей. Тому під час МШ за 30...50 хвилин висувається від 50 до 150 різних ідей, 10-15% з яких можуть бути не позбавлені глузду й прийняті до розроблення. При індивідуальній роботі за цей час висувається не більше 10... 20 ідей. В 50...60-х роках ХХ століття МШ вважався досить ефективним і перспективним методом пошуку нових технічних рішень. *Поступово вияснилось, що складні винахідницькі задачі цим методом розв'язати не вдається. Нині вважається, що МШ - це легкий і надзвичайно швидкий спосіб колективного пошуку різноманітних ідей при вирішенні не особливо складних технічних, наукових і організаційних завдань.* Недаремно в останній час МШ широко й ефективно використовується в телеіграх „Що, де, коли?» і «Брейн-ринг». Але він не прижився в телепередачах при розв'язуванні складних технічних завдань. Здійснювались численні спроби модернізувати метод, розширити його можливості, підвищити ефективність. З'явився ряд різновидів МШ, в тому числі індивідуальний, парний, масовий, поетапний, з додатковим збором пропозицій тощо. Загальним для всіх різновидів ефектом є деяке розширення можливостей методу і «дожимання», розвиток цінних ідей при продовженні роботи над ними після основного «мозкового штурму». 10 Так, наприклад, в процесі одного МШ за 44 хвилини було подано 105 пропозицій, а наступного дня ще 23, 4 з яких виявились кращими будь-якої з перших 105 пропозицій. В зв'язку з цим, рекомендується після мозкового штурму проводити додатковий збір пропозицій учасників на другий день. Питання про авторство і пріоритет рішень, знайдених в результаті «мозкового штурму», є дуже важливим і складним. Тому й рекомендується проводити мозковий штурм групами по 5-15 чоловік, де вже легше вирішити питання про авторство.

Метод МШ краще всього використовувати для розв'язування завдань, які не є точними або спеціальними, і взагалі, нескладних задач. Наприклад, для його застосування більше підходить завдання такого типу: «Якою уявляється конструкція нової машини?» або «Як змінити планування дільниці, цеху для покращання умов праці і підвищення ефективності використання виробничих площ?» і гірше підходять вузькі завдання: «Яким чином можна зменшити рівень шумів в осцилографі, який використовується для перевірки телевізійних кінескопів?». Нині, коли появились десятки інших більш складних і детально розроблених методів і прийомів пошуку нових технічних рішень, «мозковий штурм» в його початковому чистому вигляді для розв'язування винахідницьких задач використовується не дуже широко. Але цей метод вивчається, як і колись, в числі перших при підготовці фахівців із сучасної технології винахідництва.

5. Метод морфологічного аналізу.

Одним із найважливіших елементів творчої діяльності, будь-то наукової чи інженерної, є класифікування. Недаремно багато талановитих діячів науки й техніки люблять все піддавати класифікуванню. Ландау, наприклад, в студентські роки склав класифікацію зануд. До першого класу зарахував «гнусів» - нахаб, забіяк, скандалістів, до другого – «моралістів» (виділяють

продукт моралі – «моралін»), до третього – «пісників», які відрізняються незадоволеним, пісним виразом обличчя, і до четвертого – «образливих» (завжди на кого-небудь ображаються) [15]. Класифікування дозволяє швидше і точніше орієнтуватись у великій різноманітності понять і фактів. Відмінним прикладом корисності класифікування є відкриття Д.І.Менделєєвим періодичної системи елементів, яка була збудована після впорядкування хімічних елементів по атомній вазі і класифікування за валентністю. Не випадково, морфологічний аналіз (МА), один з найбільш поширених методів технічного пошуку, базується на класифікуванні й відноситься до раціональних методів пошуку нових технічних рішень. Термін «морфологія» (вчення про форму: від грецького *morphe* - форма і *logos* - вчення) увів у 1796 році Гете - основоположник вчення про форму й будову рослин і тварин - морфології організмів. Це не поодинокий випадок, коли словотворчість поета дістала широке визнання й розповсюдження в 11 багатьох науках: в подальшому з'явилась морфологія людини, морфологія ґрунтів тощо. Вперше МА було використано для розв'язування технічних завдань у 1942 році, коли Фріц Цвіккі почав розробляти ракетні двигуни у фірмі „Аероджент інжинірінг корпорейшен». Автор нового методу пошуку Ф.Цвіккі, відомий швейцарський астрофізик, не дав розгорнутого визначення поняття „морфологічний аналіз». Він лише вказав, що цей метод дозволяє знаходити всі варіанти вирішення проблеми. За допомогою МА вченому вдалось за короткий проміжок часу отримати значну кількість оригінальних технічних рішень у ракетобудуванні, чим він дуже здивував керівників фірми. В 1943р. він побудував морфологічну матрицю (ящик) для реактивних двигунів, що працюють на хімічному паливі, яка містила 576 можливих варіантів, в числі яких були і схеми секретних тоді німецьких літаків-снарядів ФАУ-1 і ракети ФАУ-2, а в 1951 р. він склав морфологічний ящик, у якому містилось 36864 типи реактивних двигунів [15].

Суть морфологічного аналізу полягає в тому, що у технічній системі, яка проектується або удосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних, морфологічних ознак, тобто ознак будови системи. По кожній морфологічній ознаці складають список конкретних варіантів технічних рішень цих ознак. Варіанти морфологічних ознак будують у вигляді таблиці або наносять на систему координат, що дозволяє краще уявити пошукове поле. Перебираючи всілякі сполучення варіантів, можна виявити нові розв'язки завдання, які при простому переборі можуть бути втрачені.

Наприклад, розглянемо метод МА для прогнозування розвитку пристроїв для розкрою тканин в легкій промисловості. Виділимо основні морфологічні ознаки, вкажемо конкретні варіанти й дамо їх у вигляді табл.3.1.

У таблиці 1 морфологічна ознака - Варіанти 1 2 3 4 5 6 7 8(А, Б, В, Г).

Для варіанту А - Ріжучі інструменти: прямий ніж, стрічковий ніж, дисковий ніж, вирубний ніж, ножиці, лазерний промінь, струмінь і мікроплазма.

Таблиця 1. Морфологічна таблиця пристроїв для розкрою індекс ознаки

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
А Різальний інструмент	Ніж ріжучий	Ніж стрічковий	Ніж дисковий	Ніж вирізний	Ножиці	Лазерний промінь	Струмінь	Мікроплазма
Б Привід різального інструменту	Ручний	Електричний	Гідравлічний	Механічний	Пневматичний прес	Вирубний	Електро-магнітний	
В Керування	Ручне					Автоматичне		На ПЕОМ
Г Кількість розкрів полотна	Одне					Декілька		

Для варіанту Б - Привід ріжучого інструменту: ручний, електричний, гідравлічний, механічний, пневматичний прес, вирубний, електро-магнітний.

Для варіанту В – Керування: ручне, автоматичне, за допомогою розкрою в жорсткій програмі ЕОМ.

Для варіанту Г - Кількість розкрів полотна: одна, декілька.

Побудована таблиця називається морфологічним ящиком (МЯ), який вивчається, і найбільш цікаві варіанти записуються.

МА може бути представленим у вигляді морфологічної матриці, з вигляду схожої із математичною матрицею. Для табл. 3.1 матриця має вигляд: А1 А2 А3 А4 А5 А6 А7 А8 Б1 Б2 Б3 Б4 Б5 Б6 Б7 В1 В2 В3 Г1 Г2 Загальна кількість варіантів, що містить матриця, дорівнює добутку елементів у кожному рядку. У нашому випадку воно становить: $8 \times 7 \times 3 \times 2 = 336$ варіантів.

Побудувавши таблицю, або матрицю, проводять оцінку варіантів і вибирають найкращий. Ось деякі варіанти: 1) А1-Б7-В1-Г2 - машини для розкрою з прямим ножом і електромагнітним приводом для розкрою настилів з ручним керуванням; 2) А1-Б2-В1-Г2 - те ж, тільки з електродвигуном і з передаточним механізмом від електродвигуна до ножа; 3) А2-Б2-В2-Г2 - стрічкові механізми для розкрою і для розсікання настилів з автоматичним керуванням за короткою програмою; 4) А3-Б1-В1-Г2 - машини для покрою з дисковим ножом, з електродвигуном для розсікання настилів на частини і ручним керуванням; 5) А4-Б6-В2-Г2 - вирубні преси, на яких вирубка проходить за допомогою спеціальних різаків; 6) А6-Б5-В3-Г2 - лазерний розкрій, що містить лазер, пневмопривід для переміщення і комп'ютер для керування розкроєм за програмою; 7) А7-Б3-В3-Г2 - пристрій для розкрою за допомогою тонкої цівки води під тиском 400...600 МПа із витратою до 40 л/год, переміщення від гідроприводу, керування - ЕОМ за гнучкою програмою і т.д. Розглянуті приклади показують, що метод МА дає можливість розглянути сотні й тисячі нових сполучень, які без МА можуть бути не враховані, дає можливість охопити всі варіанти одним поглядом і систематично дослідити, а звідси й недалеко до принципово нових рішень. Але за дивовижну легкість отримання варіантів при використанні МА доводиться розраховуватись великою трудомісткістю при виборі варіантів. При побудові морфологічної таблиці бажано зробити її якомога повнішою і не втратити цікаві варіанти, але в той же час потрібно добитись її максимальної компактності. Наприклад, для 20 ознак і 10 варіантів з кожної ознаки ящик буде містити 1020 можливих рішень!

Перебрати їх не зможе ніяка ЕОМ. 13 Внаслідок цих причин МА частіше використовують не для пошуку якогось одного ефективного рішення, а при системному підході до розв'язування творчих завдань загального плану: 1) для пошуку компонувальних або схемних рішень машин; 2) для дослідження галузі можливого застосування технічних систем; 3) для виявлення простих винаходів, які до цього часу ніким не помічались; 4) для прогнозування розвитку технічних систем; 5) при визначенні можливості патентування комбінацій основних морфологічних ознак з метою „блокування можливих майбутніх винаходів»; 6) при функціонально-вартісному аналізі.

6. Асоціативні методи пошуку нових технічних рішень

Для того, щоб відвернути увагу винахідника від звичних йому поглядів і направити пошук розв'язку у нову галузь, часто рекомендують надати об'єкту, що удосконалюється, сторонніх ознак. Такі шляхи пропонують багато в чому аналогічні: *метод каталога* (Німеччина, автор Ф.Кунце, рік появи - 1926), *метод фокальних об'єктів* (США, Ч.Вайтінг, 1958р.) і *метод гірлянд випадковостей (асоціацій)* (СРСР, Г.Буш, 1972р.).

Суть методу каталога полягає у спробах пов'язати з об'єктом перше зустрічне слово, довільно взате з книги, журналу, каталога. Наприклад, якщо об'єкт – «фреза», а випадкове слово – «сніг», то отримаємо сполучення «снігова фреза». *А потім асоціативний розвиток цього образу дає:* холодна фреза, слизька фреза, льодяна фреза тощо. В якихось випадках наштовхуються на швидкий розв'язок задачі.

Метод фокальних об'єктів пропонує вибрати із словника випадковий об'єкт (наприклад, кіно) і виділити у ньому декілька властивостей (наприклад, широкекранне, звукове, кольорове, об'ємне тощо). Цими властивостями наділити об'єкт, що удосконалюється, наприклад, годинник, який лежить у фокусі переносу: широкекранный годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник тощо. Отримані сполучення асоціативно розвиваються, що іноді дає вдалі ідеї (широкекранный годинник - замість вузького циферблата взято широкий або змінний - час, температура, тиск та ін., звуковий годинник - відбиває мелодію кожну годину, півгодини, чверть години і т.п.

У методі гірлянд випадковостей та асоціацій гірлянди випадковостей формуються у вигляді списків синонімів або асоціацій. Потім елементи із різних гірлянд попарно з'єднують.

Існує ряд інших методів, менш популярних, але які також мають деякі раціональні сторони. З них можна виділити групу методів, що ґрунтуються на комбінаційному підході, серед них **метод десяткових матриць пошуку, метод симетричних матриць** та ін. **Суть методу десяткових матриць** (СРСР, Р. Повілейко, 1072 р.) полягає у побудові матриці пошуку, в рядках якої записано 10 евристичних прийомів (неологія, адаптація, мультиплікація, диференціація, інтеграція, інверсія, імпульсація, динамізація, аналогія, ідеалізація), а в стовпцях - 10 основних показників технічної системи (геометричні, фізико-механічні, енергетичні, конструкційно-технологічні, надійність і довговічність, експлуатаційні, економічні, ступінь стандартизації і

уніфікації, зручність обслуговування й безпеки, художньо-конструкторські показники).

Застосування одного з евристичних прийомів у поєднанні з кожним із показників технічної системи сприяє появі нових асоціацій, які активізують пошук ідей, що приводять до нових технічних вирішень.

Література: [15], с. 180-184.

ЛЕКЦІЯ №2

ТЕМА 2. ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ МАШИН ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ

Питання лекції

1. Розробка нового обладнання: проект та проектування.
2. Етапи життєвого циклу об'єкту проектування

1. Розробка нового обладнання: проект та проектування

Любий виріб в тому числі і механічне обладнання за час свого існування проходить ряд станів від ідеї створення до впровадження у виробництво і утилізації, які називаються життєвим циклом.

Проект – це повний комплекс робіт від ідеї до здачі ідеї у виробництво.

Проектування, як етап життєвого циклу, передуює виробництву і робить можливим виготовлення певної кількості виробів з заданими характеристиками.

Проектування в перекладі з латинської «projectus» означає кинутий вперед, тобто проект – це опис того, чого ще не існує, але планується зробити в майбутньому.

Проектування забезпечує отримання технічної документації, яка повністю і однозначно описує всі відомості, які потрібні і достатні для виготовлення виробів.

Проектування представляє собою складний і творчий процес діяльності спеціаліста.

Сучасне проектування, як правило відбувається в програмному середовищі, яке називається *системою інформаційної підтримки*.

В цю систему входить ряд напрямків. В нашому випадку це:

1. *пошук принципових проектних рішень (вибір патентів із баз даних);*
2. *рішення технологічних задач;*

3. *рішення конструкційних задач* (прогностичні, газодинамічні і інші розрахунки, на основі яких роблять висновок о доцільності модернізації);
4. *виконання креслярсько-графічної документації* (програми, комплексу, процедур).

2. Етапи життєвого циклу об'єкту проектування

Сукупність етапів або послідовність процесів, які проходить об'єкт проектування за час свого існування, називається *життєвим циклом виробу*.

Його можна представити у вигляді такої схеми (Рис.1).

Є багато напрямків життєвого циклу виробу, ми розглядаємо життєвий цикл виробу з точки зору методології проектування.

На *1-му етапі життєвого циклу виробу-концептуальному* етапі життєвого циклу виробу проводяться маркетингові дослідження і виробник шукає споживача своїх ідей і розробок.

Наступним етапом являється визначення вимог, які заказник виставляє до продукції. Після цього виконується технічний аналіз і оцінюється можливість фізичної реалізації виробу відповідно до вимог замовника.

Після цього заказник і виконавець формалізують свої потреби у вигляді документу, який називається технічне завдання. Це дуже важливий документ і технічні спори з будь-яких питань проводяться на основі технічного завдання (ТЗ).

Коли технічне завдання сформульовано і є впевненість в його реалізації, тоді приступають до проектування.

2-гий етап життєвого циклу виробу – проектування, складається з 3-х підетапів, які можуть виконуватися послідовно або паралельно.

2.1 *Функціональне проектування* – об'єктом являються *схеми*. Вони можуть виконуватись за різними ознаками в залежності від принципу роботи тих або інших пристроїв.

Розрізняють схеми:

- механічні;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- електричні і ін.

Цей етап являється дуже важливим, тому що він визначає оптимальність структури і характеристик пристроїв, блоків, деталей і виробу в цілому.

Результатом функціонального проектування являються схеми виробу, які виконують фахівці-проектувальники різних спеціальностей: механіки, електроніки, автоматники.

2.2 *Конструкторське проектування*-об'єктом являється *просторова структура виробу* (має відношення до встановлення і свої характеристики).



Рис. 1 - Схема життєвого циклу виробу

На цьому етапі раніше розроблені схеми представляються у вигляді креслень реальних деталей і складальних одиниць. Ці деталі і складальні одиниці розташовані у просторі і закріплені та встановленні певним чином.

Результатом цієї роботи являється *конструкторська документація*, яку виконує інженер-конструктор.

2.3 Технологічне проектування -об'єктами являються *технологічні процеси*, які потрібні для виготовлення деталей. До них відносяться маршрутні карти (опис маршруту проектування деталей), операційна карта, відомість оснащення (засобів, які виконують) і інші документи у відповідності до ЄСКД.

3-й етап життєвого циклу виробу – виготовлення. На цьому виготовлюють різні деталі, проводиться випробування дослідних вузлів і виробів в цілому для визначення потрібних характеристик виробу.

При виявленні помилок в документацію вносяться виправлення і розробка деталі повертається на попередній етап.

Якщо конструкцію складно виготовити або вона долучається дорогою, то такий виріб називається *нетехнологічним*.

Якщо виріб погано працює, не вміщується в задані габарити або незручний при обслуговуванні, то такий виріб називається *неконструктивним*.

4-ий етап життєвого циклу – виробництво. На цьому етапі після виготовлення виробу виконується установка його у замовника і контроль роботи.

Якщо не досягається випуск планової потужності виробу або були виявленні помилки при його виготовленні – виконавець виробу усуває їх.

В реальних умовах на виробництві установки і лабораторні установки відрізняються.

Життєвий цикл закінчується утилізацією або переробкою виробу для повторного використання.

Література: [3], с. 8-34.

ЛЕКЦІЯ №3

ТЕМА 3.ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТУ. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТІВ

Питання лекції

1. Основні види проектних робіт.
2. Характеристики проекту.

1. Основні види проектних робіт

Розглянемо детальніше 2 етап життєвого циклу виробу – проектування і характеристики проекту.

Проект - це повний комплекс робіт, який пов'язаний з об'єктом від ідеї до здачі його у виробництво.

Проект вважається виконаним, якщо об'єкт відтворює продукцію у промислових установках та у ньому досягнуті проектні показники.

Проект вміщує технічний опис виробу, який необхідний і достатній для його виготовлення. Любе виробництво відповідного профілю згідно розроблених документації повинно бути спроможним виготовляти об'єкт проектування, який буде мати ті характеристики, які були закладені в технічному завданні.

За весь проект відповідає розробник, він передає виробництву проект, який повинен відповідати всім вимогам замовника.

Виробник не має право вносити зміни в проект самостійно без узгодження з розробником. На підприємствах є конструкторські відділи, які не можуть зробити суттєвих змін без розробника. Підприємства можуть тільки запропонувати розробнику пропозиції по змінах у проекті і він їх може прийняти до розгляду і затвердити.

Основними видами проектних робіт являються:

1. науково-дослідні роботи (НДР);
2. дослідно-конструкторські роботи (ДКР).

НДР виконуються з метою:

- рішення проблемних питань;
- пошуку принципійних проектних рішень;
- дослідження нових можливостей і принципів функціонування нових розробок;
- отримання інформації для виконання ДКР.

На рівні НДР конструювання зазвичай виконується спрощено. На цьому рівні виконується макет виробу, на якому проводяться дослідні дослідження. Ці дослідження проводяться на рівні деталей вузлів і можливо машини в цілому. НДР закінчується звітом з викладенням всіх можливостей і відомостей про об'єкт проектування.

Макет – це ще не дослідний зразок, буде він працювати і виконувати свої функції і проводяться моделювання і розрахунки. На жаль у цих процесах неможливо врахувати всі фактори, як в реальних умовах, тобто на макеті досліджують числові моделі. Наприклад, Абакус -це мережа систем для досліджень, яка дає добрі результати при статичних і даже динамічних навантаженнях.

Дослідно-конструкторські роботи (ДКР) виконуються з метою розробки конструкторської документації для виготовлення і дослідів дослідного зразка. За результатами цих дослідів робиться заключення про можливість виготовлення об'єкту проектування з можливим послідовним переходом у серійне або масове виробництво.

2 Характеристики проекту

Характеристики проекту: порядок виконання проектних робіт регламентується цілим рядом стандартів; основним з них являється ЄСКД (єдина система конструкторської документації).

ЄСКД виконання проектів поділяються на декілька етапів:

1. Технічне завдання (ТЗ);
2. технічна пропозиція (ТП);
3. ескізний проект (ЕП);
4. технічний проект (ТП);
5. робоча документація (РД).

Якщо виникає ідея як поліпшити обладнання і впровадити цю ідею в виробництво, то необхідно знати до якого етапу ви доведете цю ідею.

1. **Технічне завдання (ТЗ)** - в цьому документі формуються вихідні дані; етапи виконання робіт в проекті.

В ТЗ вказуються: призначення, технічні характеристики, показники якості і інші вимоги, які пред'являються до виробу.

ТЗ являється основним юридичним документом, на основі якого проводяться спори між замовником і виробником.

Коли укладають договір розробник і виробник, то всі вимоги прописують в ТЗ (вказуємо, які є етапи: виготовлення, виконання, звіти по виконанню, коли виконувати. Які результати, які права на цю продукцію, реалізація, за що хто відповідає прописується у договорі).

Основою для розробки ТЗ можуть бути:

- результати науково-дослідних робіт;
- результати дослідних робіт;
- аналіз передових досягнень науки і техніки, які отримані з літературної і патентної документації.

ТЗ встановлює, які властивості або характеристики повинні мати виріб після його виготовлення (під виробом розуміємо об'єкт).

Характеристики можуть бути:

1. Функціональні – визначають можливості виготовлення виробів в відповідності з головною задачею. Головною задачею може бути: поліпшення експлуатаційних характеристик, поліпшення якості, надійності, продуктивності і т.п.;
2. Конструктивні характеристики визначають властивості конструкції, куди входять: габарити, вага, кількість деталей, складність її форми, ступінь уніфікації;
3. Технологічні характеристики – визначають якість процесу виготовлення, збірки, випробування і т.п.;
4. Економічні характеристики – визначають економічну доцільність виконання проекту;

5. Експлуатаційні характеристики визначають простоту проекту і зручність експлуатації, можливість перенастроювання, стійкість впливу навколишнього середовища і ремонтпригодність;
6. Ергономічні характеристики визначають зручність і безпеку роботи людини з обладнанням;
7. Естетичні характеристики, до яких відносяться: зовнішній вигляд виробу, його привабливість, гармонічне поєднання елементів, удосконалення конструкційної форми.

2. Технічна пропозиція (ТП) за визначенням ЄСКД – це сукупність конструкційних документів, які вміщують технічні і техніко-економічні обґрунтування для доцільності розробки виробу на основі аналізу різних можливих варіантів рішення; порівняльні оцінки цих варіантів і вибору оптимальної і раціональної конструкції (тобто цільова функція, що можна робити те що потрібно, а раціональна функція - це те, що краще, то і обрати і робити виходячи з огляду патентів).

3. Ескізний проект – це сукупність конструкторських документів. Які вміщують принципові конструкторські рішення, що дають загальне уявлення про пристрій і принцип його роботи, а також дані, які визначають основні параметри і габаритні розміри виробу.

В курсовому або дипломному проектах найчастіше модернізуємо якийсь вузол для певної машини за темою КП і ДП виконуємо ескіз вузла і встановлюємо в машину цей вузол на основі, наприклад, параметричного розрахунку і перевіряємо підходять габаритні розміри вузла у складальне креслення, тоді цей модернізований вузол можна використовувати за габаритами.

На цьому етапі також виконуються схеми виробів або функціональне проектування, які дають інформацію про принцип роботи і структуру об'єкта.

4. Технічне проектування – це сукупність конструкторських документів, які вміщують остаточне технічне рішення, яке дає повне уявлення про пристрій і вихідні дані для розробки робочої документації.

В курсовому або дипломному проектах повністю розраховується вузол або деталь, у якій напруга повинна не перевищувати межі міцності, чому сприяє розробка вузла і розрахунки, які це підтверджують.

2 Робоча документація – це конструкторська документація, яка необхідна і достатня для виготовлення, впровадження дослідного зразка. Сюди входять робочі креслення всіх деталей, вузлів і машини в цілому, технологічні вимоги до збирання. Інші необхідні документи для виготовлення і експлуатації виробу.

На основі цієї документації виготовляється дослідний зразок, який підлягає всебічним дослідом, по закінченню яких складається акт, де робиться висновок про можливість запуску об'єкта у виробництво.

Зазвичай не все так гладко і виконується допрацювання виробу.

3 **Заключний етап проектування** – це **допрацювання** документації і підготування її для вироблення об'єкта проектування, для експлуатації.

Допрацювання – це процес усунення недоліків і удосконалення обладнання на стадії його виготовлення.

Всі зауваження і виправлення, які були зроблені при дослідях вносяться в документацію, на основі якої виготовлюється нове обладнання або удосконалюється дослідний зразок.

Або це допрацювання буде змінювати цей зразок або модернізувати.

Основні причини ненадійності обладнання

Швидкий розвиток техніки обумовлює ускладнення обладнання і з іншого боку висуваються вимоги до прискореного здійснення проектних робіт (з однієї сторони, обладнання повинно бути складним, а з іншої, його потрібно виготовлювати швидше).

На цьому етапі може створюватися обладнання, яке буде ненадійне в експлуатації.

Вважається, що є три причини, які впливають на роботоспроможність обладнання

1) Першою причиною ненадійності зазвичай є недостатність часу і матеріальних ресурсів, які виділяються на експериментальну і конструкторсько-технологічну розробку, на перевірку і досліді окремих вузлів, деталей і машин в цілому.

2) У ряді випадків обладнання, яке успішно пройшло досліді у лабораторних умовах, але ненадійно працює на виробництві. Причиною являється те, що недостатньо повно проведені дослідження на обладнання в умовах впливу зовнішніх фізичних умов роботи (це вплив зовнішнього середовища, однорідність вихідного матеріалу і т.п.)/

Треба враховувати, що при проведенні дослідів в лабораторних умовах використовується якісна сировина (матеріал), підготовлений персонал, не враховується вплив факторів навколишнього середовища.

3) Іноді при проектуванні машини використовуються надійні вузли і деталі, які пройшли достатню кількість дослідів або успішно працюють в іншому обладнанні, але в цілому машина працює ненадійно.

Це пов'язано з тим, що при уніфікації деяких вузлів вибирались вузли з різним рівнем точності і в компоновці цих вузлів у машині вони приводять до різних показань за вхідними і вихідними параметрами. В зв'язку з цим загальна надійність машини зменшилась.

Література: [15], с. 23-38.

ЛЕКЦІЯ №4

ТЕМА 4. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ

Питання лекції

1. Ризик устарівання і технічна невдача.
2. Побудова графіку для проведення оптимальних проектних робіт.

1. Ризик устарівання і технічна невдача

Чим більше нових технічних рішень, тим менше ризик устарівання і технічної невдачі, то не зможемо це нове технічне рішення реалізувати.

З рис.1 видно, що можливість технічної невдачі можна зменшити, якщо перейти з точки А в точку Б, але при цьому підвищується можливість устарівання, тобто чим менше прогресивних нових рішень внесено в проект, тим швидше обладнання устаріває.

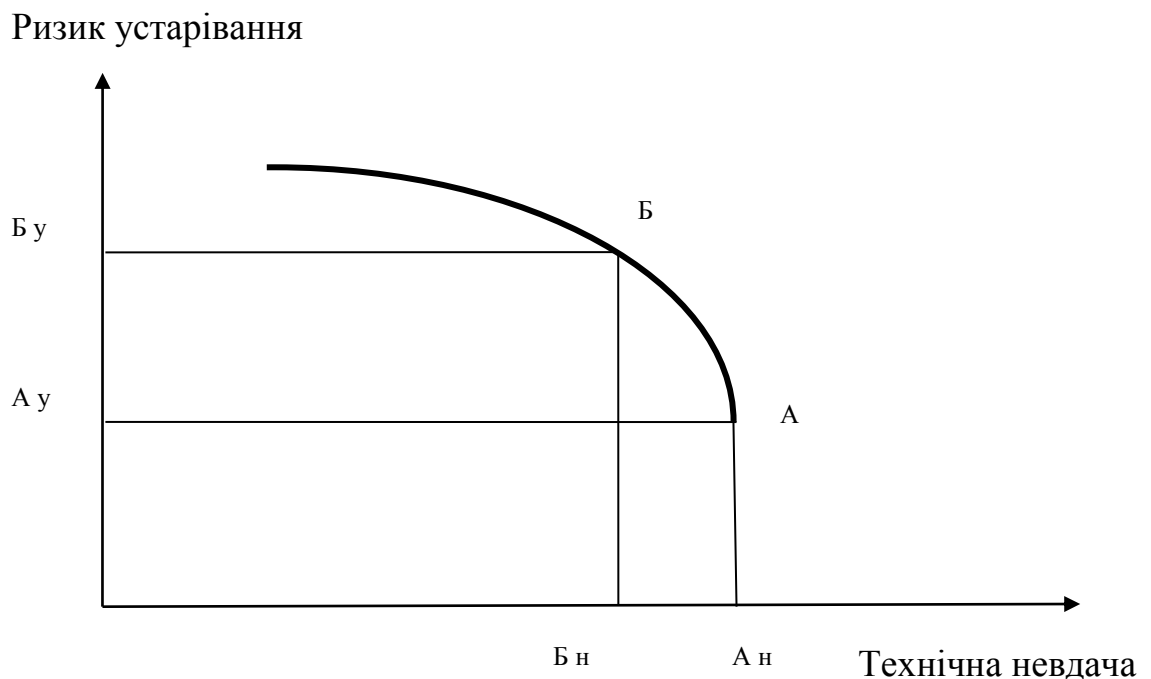


Рис. 1 _Залежність ризику устарівання від технічної невдачі

Які нові технічні рішення обирати? Вони не можуть бути нескінченими. Скільки їх обирати?

В зв'язку з цим треба формулювати мету проекту на основі експлуатаційних даних, які застосовуються у даній роботі.

Потрібно знаходити компроміс між ризиком устарівання і ризиком технічної невдачі. При цьому вирішальну роль повинні відігравати:

1. *Експериментальні проробки можливих нових технічних рішень.*

Ці роботи виконуються в лабораторії науково-дослідного інституту, вузах і т.п.

Зазвичай час між новою ідеєю і впровадженням у масове виробництво займає 10-12 років. Те що на сьогоднішній день нове, воно зроблено 10-12 років тому лабораторіями і науково-дослідними інститутами.

2. *Данні про технічні і технологічні можливості експериментального обладнання, які отримані методом адаптаційної оптимізації.*

Такі методи дають можливість проводити прогнозування розвитку конкретного типу обладнання і на основі цього вибирати кількість нових технічних рішень, які будуть використовуватися в проекті.

Для цієї мети застосовується пошукове прогнозування.

Наприклад: Треба підвищити продуктивність певної машини.

Для цього аналізуємо продуктивність даної машини за останні 5-10 років та прогнозуємо продуктивність за графіком, що через 10- років вона підвищиться на 1 тонну, наприклад. Екстрополювання – це питання вивчається в курсі пошукового прогнозування, важливим питанням при цьому являється вартість проекту.

2 Побудова графіку для проведення оптимальних проектних робіт

Розробка проекту виконується повільніше або швидше в залежності від графіку виконання проектних робіт.

Загальний об'єм витратбуде змінюватися в залежності від часу.

Вважається,що проект виконується одним або декількома проектними підрозділами. В цьому випадку взаємозалежність між витратами на проектні роботи і часом може бути представлена залежністю (Рис. 2).

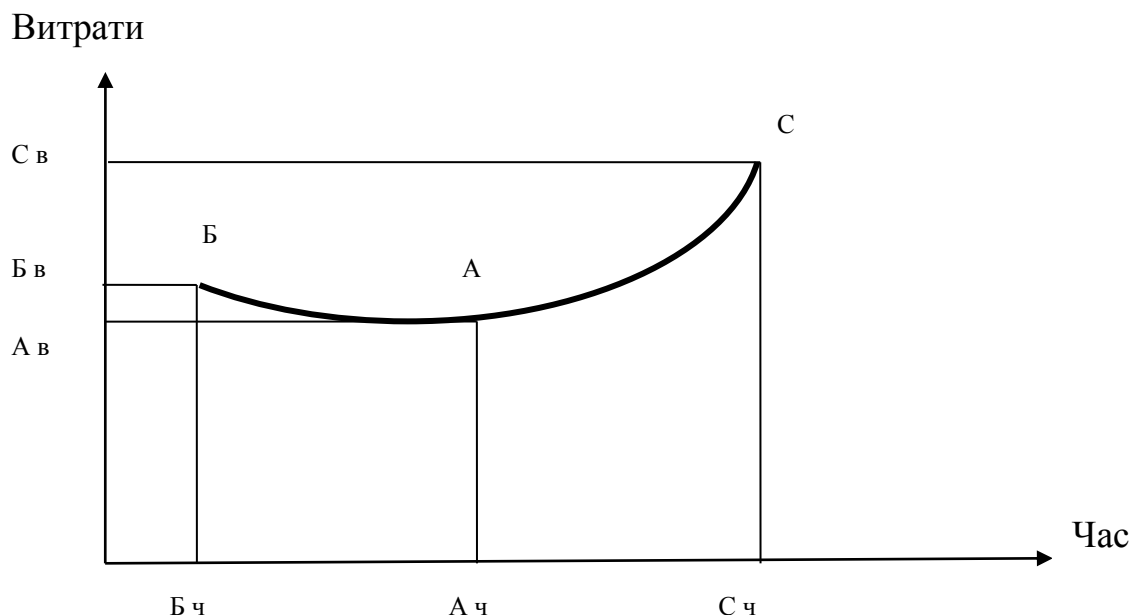


Рис. 2 – Залежність між витратами на проектні роботи і часом

З рис. 2 видно, що в точці А в – витрати на проектні роботи мінімальні;

$B_v > A_v$, і участок БА на рис.2 - самий відповідальний період в проектних роботах;

в точці С в – витрати на проектні роботи максимальні.

Чим менше часу на виконання проекту, то витрати будуть меншими.

Якщо проект виконується в стиснуті строки (точка Б), то витрати збільшуються за рахунок:

- 1) Залучення великої кількості співробітників;
- 2) Робота над проектом за межами робочого часу;
- 3) Виконання паралельних етапів роботи і ін.(в цьому випадку частина робіт відсіюється, та будуть найбільші витрати на проектні роботи).

Якщо час виконання проекту збільшується, то загальна сума витрат також збільшується за рахунок:

- 1) експлуатації і підтримці робото спроможності обладнання;
- 2) зайвих витрат робочого часу основного і допоміжного персоналу;
- 3) витрат енергії всіх видів;
- 4) амортизаційні витрати і т.п.

Тому якщо об'єм робіт не змінився, то при зменшенні строка або збільшенні строка виконання проекту витрати підвищуються і залежність на графіку рис.2 тоді має ***U-образну форму***.

Важливим елементом в цьому випадку має факт існування оптимальний за часом виконання проекту, при якому загальна сума витрат буде ***мінімальна***.

В інших випадках витрати збільшуються, тому що: 1) проект потрібно виконати як умога швидше; 2) проект потрібно виконати з найменшими витратами.

Починаючи роботу над проектом, необхідно вирішити: повинен чи ні графік проектних робіт складатися з метою мінімізації часу або матеріальних витрат?

Таке рішення визначається як процедура стану графіку робіт і його змісту.

Залежність, яка наведена на рис.2, **не являється точною**. Для її точної побудови ***необхідно провести дослідження наступних етапів***:

1.Необхідно виконати велику кількість однакових проектів у різні строки. Однак, проведення таких досліджень можливо тільки для малих за обсягом проектів. Якщо ці дані поширити на великі за обсягом проекти, то вони можуть виявитися неточними. Крім того. Проведення таких досліджень мало підходить з економічної точки зору.

2.Це вдосконале вивчення і розуміння процесу розробки нового обладнання та дослідження форми кривої на основі побудови програмних моделей, які розглядаються у спеціальних розділах теорії прогнозування і управління з курсу «Теорія управління».

3. Пасивний експеримент і збільшення витрат в процесі проектування.

Оцінку потрібного часу і витрат зазвичай виконують до виконання проекту. Коли проект виконаний, то можна оцінити точність витрат, які були закладені у проекті при його попередньому оцінюванні. Це співвідношення між фактичними і запланованими витратами називають коефіцієнтом варіації або перевитрат та позначається f .

$$f = \frac{f_{\text{факт}}}{f_{\text{заплан}}}$$

Значення цього коефіцієнту для різних проектів отримують на основі проведення пасивного експерименту.

Пасивний експеримент – це аналіз та систематизація даних про проведення і виконання аналогічних проектів.

Вивчаються окремі етапи робіт, а також будуються моделі в залежності від часу проведення проекту і кількості нових технічних рішень, які були застосовані у проекті.

За даними «Rend Corporation» середній коефіцієнтом варіації або перевитрат зазвичай суттєво більше 1 і дуже рідко зустрічаються проекти, де ця величина менше 1. В деяких випадках він досягає значення 10 і більше (тобто в 10 раз більше ніж середній коефіцієнт перевитрат). Наприклад для цивільного будівництва цей коефіцієнт перевитрат складає $f=1,8$, а для оборони промисловості США він складає $f=6,5$.

Після аналізу даних було виявлено, якщо у проекті мало наукової новизни, то $f_{\text{середнє}}=1,3$ (мало новизни); $f_{\text{середнє}}=1,5$ (середня кількість новизни); $f_{\text{середнє}}=5,0$ (багато новизни).

Величина f зростає зі збільшенням кількості нових технічних рішень, прийнятих у проекті.

Технічно не складно, але принципно нове обладнання вимагає значно більшого збільшення витрат на дослідження, ніж технічно складне, але стандартне обладнання.

Обробка цих даних за методом регресивного аналізу дозволила отримати залежність:

$$f = A + BH$$

H - новизна;

A, B – сталі коефіцієнти (середні значення $A=1,06$; $B=0,058$).

Значення для новизни H приймається в інтервалі від 0 до 100 чисто суб'єктивно.

Приклади: для цивільного будівництва $f=1,06+0,058 \cdot 10=1,7$; для оборонної промисловості $f=1,06+0,058 \cdot 100=6,8$

Якщо у формулу підставити 0 замість новизни H , то коефіцієнт перевитрат все одно буде дорівнювати 6 %.

Це пов'язано з тим, що при розробці проекту не можна оцінити кількість і важливість тих нових технічних рішень, які з'явилися під час проекту. Може якщо нові технічні рішення не були введені у проект, то все одно частина витрат була на їх аналіз і переробку, тому і з'являється перевитрата на проект.

Плануючи мету проекту, потрібно розуміти, що обсяг матеріальних витрат на розробку нового обладнання має більшу невизначеність, ніж час на розробку проекту. Тому при плануванні проекту потрібно не тільки планувати витрати на виконання, але і на ризик отримання витрат, а також час виконання проекту

Література: [1], с. 3-14, [3], с. 13-18.

ЛЕКЦІЯ №5

ТЕМА 5. ЕТАПИ НОВОВВЕДЕНЬ

Питання лекції

1. Сутність понять «*відкриття*», «*винахід*», «*іновації*»
2. Класифікація відкриттів і винаходів.
3. Етапи нововведень, які проходить кожен пристрій (машина) у процесі своєї розробки і експлуатації.

1. Сутність понять «відкриття», «винахід», «іновації»

Під *нововведенням* розуміють нові машини, механізми, вузли, апарати, які відрізняються деякою новизною.

Кожен пристрій у процесі своєї розробки і експлуатації проходить ряд етапів, починаючи з моменту *відкриття* і закінчуючи *успішним використанням* в галузі.

При цьому він може проходити *наступні етапи нововведень*:

1. патентний і літературний пошук і наукові дослідження;
2. експериментальні дослідження;
3. розробка дослідних зразків;
4. використання нововведень в промислових умовах (експлуатація);
5. широке розповсюдження у експлуатацію даного виробу;
6. застосування в інших галузях народного господарства.

Ці етапи нововведень ми розглянемо трохи пізніше на лекції. Розберемось детальніше з поняттями «*відкриття*», «*винахід*», «*іновації*» та їх класифікацію.

Винахід – повинен бути таким технічним рішенням, яке повинно мати новизну.

Іновація – це нова або удосконалена продукція або технологія, яка дозволяє забезпечити якісне підвищення ефективності виробничої системи або якості продукції.

Не кожне нововведення розглядається як іновація, а тільки таке, яке суттєво підвищує ефективність діючої системи.

Таким чином, *відкриття* – це виявлення існуючих законів природи.

Винахід – це застосування цих законів для створення нових технічних систем.

Іновація – це ефективне використання запропонованих винаходів.

Відкриття та винаходи, які підтвердженні науковими дослідженнями та які являються великими досягненнями людства:

1. вогонь;
2. лук та стріли;
3. колесо і повозка;
4. письменність;
5. корабель та парус;
6. телескоп;
7. мікроскоп;
8. парова машина;
9. електричний телеграф;
10. залізобетон;
11. телефон;
12. електрична лампочка;
13. електродвигун;
14. трансформатор;
15. кінематограф;
16. аероплан;
17. телебачення;
18. радар;
19. обчислювальна машина;
20. трансформатори;
21. пластмаса;
22. лазери;
23. космічний корабель;
24. персональний комп'ютер;
25. інтернет.

Є такі відкриття, які являються двигунами розвитку людства.

2 Класифікація відкриттів і винаходів

Відкриття і винаходи можуть бути класифіковані наступним чином:

1. повторювальні і одночасні;
2. передбачені;

3. випадкові або «помилкові»;
4. запізнілі і передчасні відкриття і винаходи.

Розглянемо ці види *відкриттів і винаходів окремо і охарактеризуємо* їх коротко.

1. Повторювальні і одночасні відкриття і винаходи

В історії науки більшість фундаментальних відкриттів робилися декількома вченими або групами. Які працювали в різних країнах і ніяким чином не знали один про одного.

Проаналізувавши з книги рекордів Гінессу 264 відкриття, було встановлено. Що 179 з них відкрили одночасно 2 людини; 51 відкриття – 3 людини; 17 відкриттів – 4 людини; 6 відкриттів – 5 чоловік.

Наприклад, відомі наступні факти, що багато з 50-ти відкриттів, а саме відкритих Гуком законів, паралельно були відкриті іншими вченими.

Наприклад, Лорд Кельвін зробив 32 відкриття. 30 з них входили у склад інших відкриттів, які були зроблені іншими вченими.

Наприклад, теорія природного відбору Чальза Дарвіна одночасно з ним доповів і американський вчений Уолс 1 червня 1858 року. Дарвін розробляв цю теорію 20 років, а Уолс – за 1 тиждень. Докладали обидва одночасно на Лінейському суспільстві.

Винахід – телефон, одночасно подали заявку на винахід 28 лютого 1876 року два вчених Бел і Грей з різницею у 2 години.

Подібне відноситься і до відкриттів телеграфу, кіно, швейної машини, транзистору і ін.

Любому відкриттю сприяють потреби суспільства і цей процес відбувається паралельно.

2. Передбачені відкриття і винаходи

Сама відоме передбачене відкриття – це планета Плутон, це відкриття було зроблено на основі не врахування руху Урану.

Також прикладами передбачених відкриттів являються інертні гази, радіохвилі і ін.

Прикладом передчасного відкриття являється теорія Менделя - закони про успадкування ознак. Він відкрив це в 80-их роках 19 століття, однак тільки у 50-их роках 20 століття виникла наука «генетика».

Також до передчасних винаходів відноситься більшість винаходів Леонардо Да Вінчі.

Також, до цього виду передчасних відкриттів відноситься проект гвинтокрила у 1765 році, прокатний стан, парашут і ін.

3. Випадкові або «помилкові» відкриття і винаходи

Саме відоме випадкове відкриття – це відкриття Колумбом Америки. Також до найвідоміших відкриттів відносяться: рентгенівські промені, електричний тое, електрон, радіоактивність і ін.

Винаходів випадкових різних теж багато. Нобель працюючи з нітрогліцерином випадково виронив його на піл і він залив опилки і вони взірвалися, так з'явився динаміт.

Струйний принтер виник після того, коли поклали гарячий паяльник на кульову ручку, так з'явилися тікучі чорнила, а потім і принтер струйний теж.

Пеніцилін Флемінг працював над бактеріями і звернув увагу, що в його кімнаті плеснява знешкоджена. Він став працювати над цим, і в 1959 році з'явився пеніцилін, а вчений отримав Нобелівську премію.

Гудієр питався поліпшити якість каучука і випадково нагрів його на кухонній плиті суміш сірки і клею та отримав резину з якої потім стали виробляти шини.

Технологічні нововведення зазвичай з'являються як реакція на соціальні і економічні потреби суспільства. Ці потреби можуть бути задовільне ні декількома способами, які з технологічної точки зору не обов'язково схожі.

Розробка таких технологічних систем зазвичай продовжується до тих пір поки один з способів, не стане домінуючим, тоді цей спосіб становиться основним і застосовується в технічних системах. Хоча інші способи можуть застосовуватися для будь яких специфічних цілей.

4 Запізнілі і передчасні відкриття і винаходи

До запізнілих відкриттів і винаходів відносяться : броуновський рух, реліктове випромінювання, лазер (описаний і розроблений у 1916 р., а запрацював - у 1960 р.), телескоп і ін.

До передчасного відкриття можна віднести , наприклад, телескопи - це ще у давні часи підзорні труби, які використовувались ще в 13 столітті, але потрібно було чотири століття, щоб замість однієї пари скла використовувати 4 пари скла.

Ці запізнілі і передчасні відкриття (винаходи), якщо входять у протиріччя з існуючою системою світогляду, то після того, як вони змінюються на підставі відкриттів нових законів природи, тоді про ці розробки згадують вчені або відкривають спочатку.

3. Етапи нововведень, які проходить кожен пристрій (машина) у процесі своєї розробки і експлуатації

1 етап: Іновація – це логічне продовження будь-якого відкриття або винаходу. Тому ніколи не буває швидкого відкриття або винаходу. Цей процес займає тривалий час. Досвідом людства доказано, що на нову розробку від її відкриття до її впровадження потрібно 10-14 років, це стосується і нових машин і нових технологій тощо.

2 етап: Експериментальні дослідження проводяться для: підтвердження, перевірки гіпотези, для ілюстрації великої істини. Мета експерименту – встановити існуюче явище, визначити і вторинні фактори, що впливають на функціональні показники машини або обладнання.

3 етап: Розробка дослідних зразків. На цьому етапі створюється такий пристрій (машина), який буде функціонувати в виробничих умовах, він повинен відрізнятися надійністю, стабільністю й легкістю обслуговування виробничим персоналом. Дослідний зразок повинен пройти перевірку. Яка здійснюється групою спеціалістів від виробництва після перевірки акту про прийняття роботи.

4 етап: Впровадження у виробництво. На цьому етапі нововведення потрібно доказати свою технічну конструкцію та економічну доцільність пристрою (машини), для того, щоб з'явилися замовники, які зацікавлені у придбанні такого нового обладнання.

5 етап: Широке впровадження в галузі. На цьому етапі доказується, що нововведення за технічними і економічними показниками перевершує все те, що існувало до теперішнього часу для виконання певних функцій пристрою (машини) у галузі. Визначається це за відотною часткою сумарного використання даного типу обладнання в галузі або за відотною часткою продукції, яке виробляється на даному обладнанні в галузі. Зазвичай, вважається, що є широке впровадження в галузі даного типу обладнання, якщо відносна частка сумарного використання даного типу обладнання в галузі або відносна частка продукції - більше 50 %.

Література: [12], с. 3-24, [14], с. 17-48.

ЛЕКЦІЯ №6

ТЕМА 6. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МАШИН

Питання лекції

1. Пошукове і нормативне прогнозування.
2. Системно-ієрархічний підхід при нормативному проектуванні.

1 Пошукове і нормативне прогнозування

Визначення вірогідних характеристик, які виходять з потенційних можливостей у сучасний час- це мета *пошукового прогнозування*.

Для цього потрібно проаналізувати, як розвивалося обладнання, якість продукції і обладнання, як воно змінювалось, як змінювалась продуктивність (збільшувалась вона чи ні), зменшувалися витрати на це обладнання чи ні?

Розглянемо на рисунку 1 данні з інтернету для продуктивності обертальної печі.

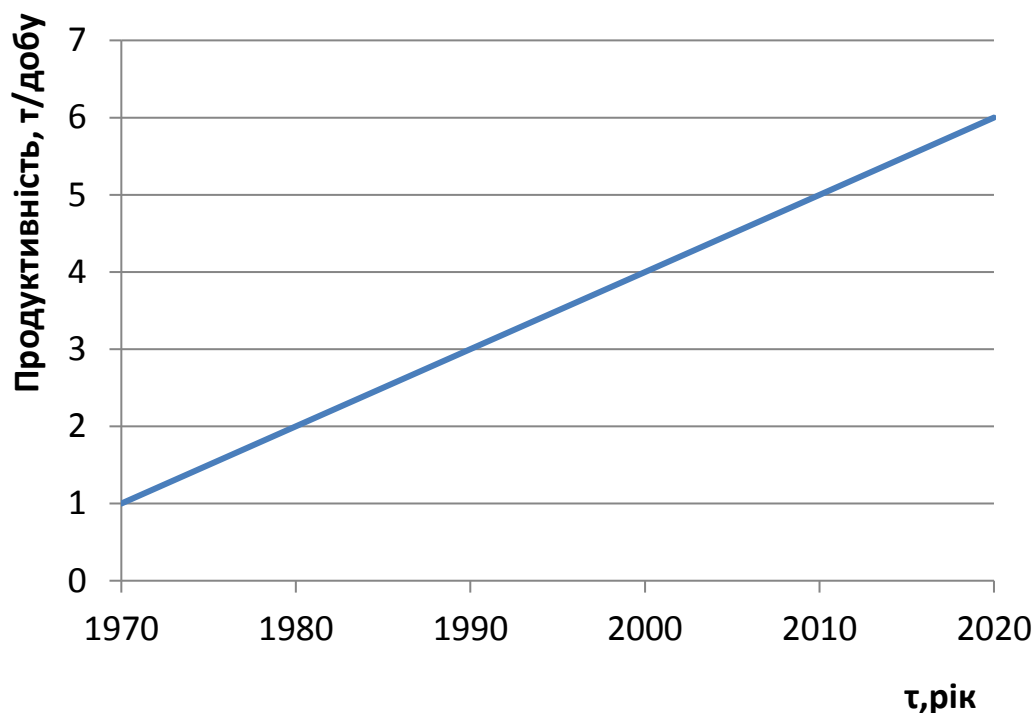


Рис.1 Продуктивність обертальної печі в залежності від року існування

На підставі цього передбачається, що в майбутньому буде ріст продуктивності обертальної печі такий, як раніше з рис.1.

Ідея полягає в тому, що є така апроксимуюча залежність на рис.1 представляє продуктивність обертальної печі в залежності від року існування. Для того, щоб промодельовати ріст в майбутньому, необхідно екстраполювати дану залежність і отримати числові дані відносно можливого збільшення в майбутньому досліджуваних показників. Тобто з рис.1 видно прогнозування продуктивності обертальної печі, що в 2020 році вона може бути 6 т/добу.

Розглянемо на рисунку 2 залежність з енергоспоживання обертальної печі з 1960 р. до 2020 р.

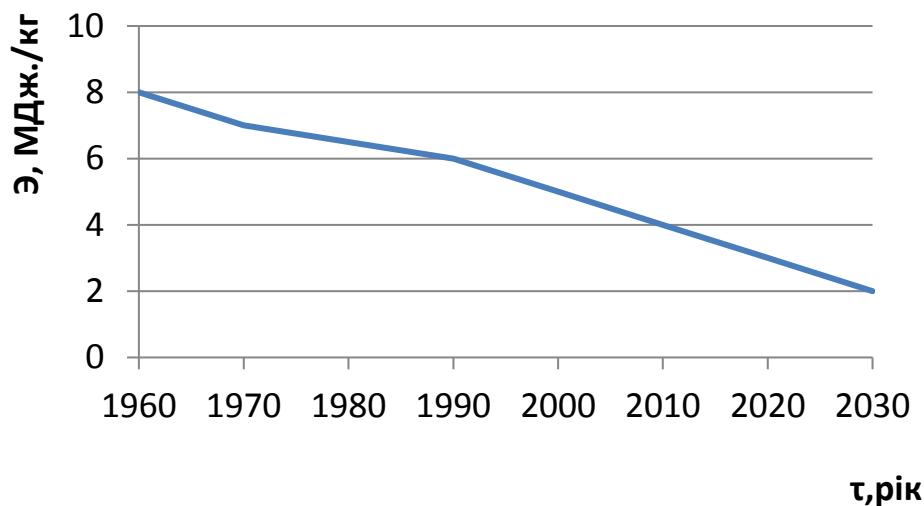


Рис.2 Енергоспоживання обертальної печі в залежності від року

На рис. 2 отримали практично лінійну залежність з енергоспоживання обертової печі з 1960 р. до 2020 р. З рис. 2 видно, що в 1960 році енергоспоживання обертової печі складало 8 МДж/кг, а в 2020 р. приблизно 3 МДж/кг.

На рис. 1 і рис. 2 представляється світова тенденція для розглянутих характеристик обертової печі, *по яким можна робити пошукове прогнозування для даної машини.*

В курсовому і дипломному проектуванні ви будете виконувати проект. Ви можете показати по рокам досліджувані характеристики (продуктивність, енергоспоживання і т.п.), ви можете збільшити ці величини на якусь Δ .

Не потрібно старатися вводити багато нових технічних рішень, для того щоб змогти показати поліпшення роботи машини і щоб відповідало рівню розвитку машини. Треба знайти якийсь середній показник поліпшення роботи машини.

При цьому ми повинні вводити нові технічні рішення: по-перше, ми повинні щоб вони відповідали Стандартам, та привели до підвищення продуктивності машини, наприклад; по-друге, потрібно зробити *нормативне прогнозування*, яке представляє собою спробу раціонально організувати і реалізувати можливі досягнення відповідно до мети проекту.

Цей вид проектування відповідає на питання, що можливо і потрібно зробити, щоб досягти визначених нами цілей і вирішити задачі проектування.

Предметом нормативного проектування виступають суб'єктивні фактори: ідеї, гіпотези, передбачення і інші фактори, які можуть змінити або поліпшити характер процесів, які протікають в обладнанні, що проектується.

В сучасний час для вирішення технічних задач *в системному аналізі* використовуються *методи нормативного проектування*, які базуються на *системно-ієрархічному підході*.

З його допомогою пробують вивчити окремі елементи і взаємозв'язки цих елементів в технічній системі.

Таким чином визначаються:

1. частини системи, які вичленяють з повної системи;
2. взаємозв'язки між вказаними частинами системи;
3. визначення вузьких місць в системі.

Ми зазвичай розглядаємо технічні системи (в суспільстві взагалі можуть розглядатись і соціальні системи і ін.).

Ви можете розглядати свій дипломний проект, як систему: глави-це елементи системи; розділи- елементи кожної системи, тобто елементи підсистеми; абзаци-речення-знаки у тексті диплому.

Методи нормативного прогнозування можна розглядати як методи, які дозволяють встановити і реалізувати мету проекту.

Задача вирішується за наступною схемою для задоволення даних потреб, наприклад, обсяг виробництва потрібно досягти необхідного рівня

функціональних характеристик. Це реалізується за допомогою модернізацій даних елементів обладнання.

Пошукове і нормативне прогнозування повинні застосовуватися сумісно, вони не можуть замінити один одного; зазвичай не приступають до нормативного прогнозування, якщо не виконано пошукове прогнозування і не визначена мета проекту.

Разом з тим мета проекту визначається виходячи з технічних і технологічних характеристик, можливостей даного обладнання, тобто впевненості того, що дану мету можна досягти.

2 Системно-ієрархічний підхід при нормативному проектуванні

Проектування характеризується неоднозначністю і невизначеністю при виборі потрібного варіанту. З більшого числа можливих рішень, тобто відсутність визначеного алгоритма при виборі рішень. Це обумовлено наявністю різноманітних фізичних неоднорідних частин і пристроїв, більшою кількістю різних деталей і елементів, а також різноманітними процесами, які відбуваються в обладнанні.

Самий талановитий проектувальник не в змозі охопити проект в цілому, утримуючи всю свою увагу на конструкції одночасно. Тому при системно-ієрархічному підході задача поділяється на ряд під задач, які можуть вирішуватись окремо.

При цьому потрібно враховувати взаємодію елементів системи, які можуть якимось чином впливати один на одне.

Системно-ієрархічний підхід можна представити у виді блочної ієрархічної структури, яка складається з рівнів або діб.

Наприклад, є система, яка складається з 3- рівнів. Кожен рівень розбивається на свої ще елементи, все це зв'язано гілками, їх може бути безліч та залежить від задачі, яку будемо вирішувати.

На кожному ієрархічному рівні і на кожній гілці розташована невелика кількість елементів.

Кожен елемент певного рівня представлений як система елементів, які розташовані на той же гілці, але на наступному більш низькому рівні.

Важливим є те, що подібну систему, яка складається з обмеженої кількості елементів, проектувальник спроможний утримати у полі своєї уваги. Як показує практичний досвід кількість таких елементів повинна бути від 3-5.

Психологічні дослідження показали, що оперативна пам'ять людини оптимально функціонує при умові, що у процесі одночасно знаходиться 5-9 символів, при цьому незалежно від внутрішньої інформації в кожному з цих елементів.

При системно-ієрархічному підході проектування представляється у вигляді руху по цій системі. При цьому, на кожній гілці, виконується елементарні проектні операції, тобто проектувальник кожний раз має справу з невеликою кількістю елементів. Завдячуючи цьому процес проектування

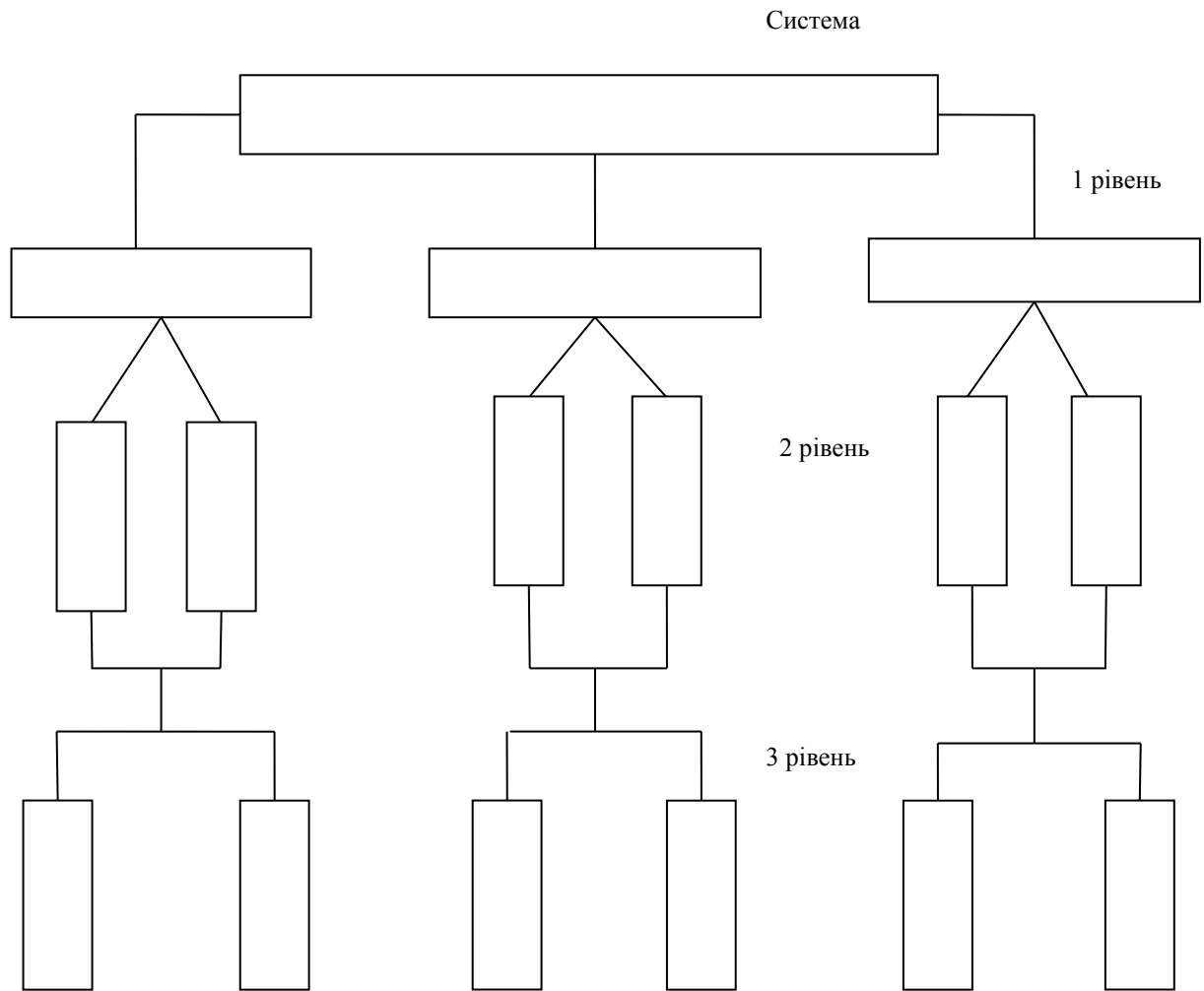


Рис.3 Системно-ієрархічний підхід у технічній системі

набагато спрощується, становиться легко спланованим та реалізованим, враховуючи витрати на розробку.

В залежності від напрямку руху **проектування розрізняють**:

- Спадне;
- Висхідне;
- Комбіноване.

Системно-ієрархічний підхід розглядається багатьох випадках.

Приклад : Треба в магазині купити самих кращих цукерок.

- Беремо від 3-5 видів цукерок;
- Обираємо з них 1 вид цукерок;
- Потім з 3-5 видів обираємо ще 1 вид цукерок і в кінці кінців з них вибирається один кращий вид цукерок.

1 Розглянемо **спадне проектування**.

В цьому виді проектування система розглядається як ціле і у ході виконання задачі вирішується задачі 1-го рівня. Потім – 2-го рівня і т. п.

Приклад : Є певна технологічна лінія згідно технічного завдання (ТЗ), яка складається з машин, а машини в свою чергу складаються з вузлів, а вузли складаються з деталей.

Спадне проектування завжди виконує вимоги ТЗ, тому воно вважається найбільш правильним. Воно гарантує виконання ТЗ, але не гарантує фізичну реалізованість проекту, тобто на якому сь етапі можуть виникнути труднощі з вибором і вирішенням технічних, технологічних або інших задач.

В загальному випадку процес проектування повертається на попередній рівень, а задачу вирішують з врахуванням труднощів, які виникли. Таким чином, цей метод як і інші носить ітераційний характер (повернення на попередній рівень).

2 Розглянемо *висхідне проектування*.

Таки вид проектування виконується від нижчих до вищих рівнів, при цьому виконується зборка окремих елементів системи. Це можуть бути деталі і вузли.

Висхідне проектування завжди *гарантує реалізацію проекту*, але не гарантує вимоги ТЗ проекту.

Висхідне проектування найбільш поширене при розробці дослідних зразків або макету виробу.

3 Як показує досвід найбільш ефективним видом проектування являється ***комбіноване проектування***.

В цьому виді проектування по висхідному проектуванню розробляються деталі і вузли, які уніфіковані. По спадному проектуванню виконуються конструкції, які потребують нововведення.

Цей метод проектування теж має ітераційний характер.

Приклад спадного проектування: беремо базові деталі, потім, вузли, потім робимо машину, потім перевіряємо наскільки вона відповідає меті ТЗ.

Приклад комбінованого проектування: Беремо базові вузли як базові, а потім беремо і тільки розроблюємо тільки наклею машини. ***Наприклад її модернізації.***

Треба завжди розібратися зі зв'язками, який елемент буде впливати на інші елементи системи.

Література: [9], с. 7-64, [7], с. 3-38.

ЛЕКЦІЯ №7

ТЕМА 7. СУЧАСНИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ І ПРОЕКТУВАННЯ

Питання лекції

1. Сучасний етап розвитку інженерної діяльності і проектування

2. Нові види і нові проблеми проектування

1. Сучасний етап розвитку інженерної діяльності і проектування

У житті сучасного суспільства інженерна діяльність відіграє дедалі зростаючу роль. Проблеми практичного використання наукових знань, підвищення ефективності наукових досліджень і розробок висувують сьогодні інженерну діяльність на передній край усієї економіки та сучасної культури. В даний час велика кількість технічних вузів готує цілу армію інженерів різного профілю для самих різних галузей народного господарства. Розвиток професійної свідомості інженерів передбачає усвідомлення можливостей, меж та сутності своєї спеціальності не тільки у вузькому сенсі цього слова, а й у сенсі розуміння інженерної діяльності взагалі, її цілей і завдань, а також змін її орієнтацій у культурі ХХ століття.

Товариство з розвиненою ринковою економікою вимагає від інженера більшої орієнтації на питання маркетингу та збуту, обліку соціально-економічних чинників та психології споживача, а не тільки технічних і конструктивних параметрів майбутнього виробу.

Інженерна діяльність передбачає регулярне застосування наукових знань (тобто знань, отриманих у науковій діяльності) для створення штучних, технічних систем - споруд, пристроїв, механізмів, машин і т.п. У цьому полягає її відмінність від технічної діяльності, яка ґрунтується більше на досвіді, практичних навичках, здогаду. Тому не слід ототожнювати інженерну діяльність лише з діяльністю інженерів, які часто змушені виконувати технічну, а іноді і наукову діяльність (якщо, наприклад, наявних знань недостатньо для створення будь-якої конкретної технічної системи). У той же час є численні приклади, коли великі вчені зверталися до винахідництва, конструювання, проектування, тобто, по суті справи, здійснювали якийсь час, паралельно з науковою, інженерну діяльність. Тому інженерну діяльність необхідно розглядати незалежно від того, ким вона реалізується (спеціально для цього підготовленими професіоналами, вченими чи просто самоучками).

Сучасний етап розвитку інженерної діяльності характеризується системним підходом до вирішення складних науково-технічних завдань, зверненням до всього комплексу соціальних гуманітарних, природничих і технічних дисциплін. Проте був етап, який можна назвати класичним, коли інженерна діяльність існувала ще в "чистому" вигляді: спочатку лише як *винахідництво*, потім у ній виділилися *проектно-конструкторська діяльність* та *організація виробництва*.

Відокремлення проектування і проникнення його в суміжні області, пов'язані з вирішенням складних соціотехнічних проблем, призвело до кризи традиційного інженерного мислення та розвитку нових форм інженерної та

проектної культури, появи нових системних і методологічних орієнтацій, до виходу на гуманітарні методи пізнання та освоєння дійсності.

Відповідно до вищевикладеного розглянемо послідовно три основні етапи розвитку інженерної діяльності та проектування:

- 1) класична інженерна діяльність;
- 2) системотехническая діяльність;
- 3) соціотехнічне проектування [16].

Класична інженерна діяльність

Становлення інженерної професії

Виникнення інженерної діяльності як одного з найважливіших видів трудової діяльності пов'язано з появою мануфактурного і машинного виробництва. Усередні століття ще не існувала інженерна діяльність у сучасному розумінні, а була, скоріше, технічна діяльність, органічно пов'язана з ремісничою організацією виробництва.

Інженерна діяльність як професія пов'язана з регулярним застосуванням наукових знань у технічній практиці. Вона формується, починаючи з епохи Відродження. На перших порах ціннісні орієнтації цієї діяльності ще тісно пов'язані з цінностями ремісничої технічної практики (наприклад, безпосередній контакт зі споживачем, учнівство у процесі здійснення самої цієї діяльності і т.п.). У цю епоху орієнтація на застосування науки, хоча і висувається на перший план в явному вигляді, але виступає поки лише як гранична установка.

Перші імпровізовані інженери з'являються саме в епоху Відродження. Вони формуються в середовищі вчених, які звернулися до техніки, чи ремісників-самоучок, хто долучився до науки. Вирішуючи технічні завдання, перші інженери і винахідники звернулися за допомогою до математики і механіки, з яких вони запозичили знання та методи для проведення інженерних розрахунків. Перші інженери - це одночасно художники-архітектори, консультанти-інженери з фортифікаційним спорудам, артилерії і цивільного будівництва, алхіміки і лікарі, математики, природознавці та винахідники. Такі, наприклад, Леон Батіста Альберті, Леонард да Вінчі, Нікколо Тарталья, Джіроламо Кардано, Джон Непер та ін

Знання у цей час розглядалося як цілком реальна сила, а інженер - як володар цього знання. Наскільки високо цінувалося таке знання видно на прикладі історії життя рядового флорентійського інженера Чеки. Виходець із ремісничого середовища (цеху столярів, що виготовляли для архітекторів дерев'яні моделі споруд, будівельні ліси та підйомні споруди), він був узятий флорентійської комуною на постійний оклад в якості

міського інженера. У мирний час він ремонтував фортеці, займався винаходом пристосувань для розважальних апаратів. У воєнний час він допоміг влаштувати майстерний підкоп, за допомогою якого була взята ворожа фортеця. Під час виконання однієї з інженерних робіт Чеки був убитий з арбалета: для ворога його винаходу були страшніші, ніж наступ цілого війська. Він був характерною фігурою для того часу, хоча і не був видатним інженером.

У цей період інженери були, як писав відомий історик науки М. А. Гуковский, "вихідцями з цехового ремесла, але все тягнулися до науки, відчуючи абсолютну необхідність її для належної постановки своїх технічних робіт". Можна сказати, що вони вже орієнтувалися на наукову картину світу, хоча ще недостатньо спиралися на науку у своїй повсякденній практиці. "Замість анонімних ремісників все в більшій кількості з'являються техніки-професіонали, великі технічні індивідуальності, знамениті далеко за межами безпосереднього місця своєї діяльності. Але швидко і принципово новий розвиток техніки вимагає і докорінної зміни її структури. Техніка доходить до стану, в якому подальше просування її виявляється неможливим без насичення її наукою. Повсюдно починає відчуватися потреба у створенні нової технічної теорії, в кодифікації технічних знань і в підведенні під них якогось загального теоретичного базису. Техніка вимагає залучення науки".

Саме така подвійна орієнтація інженера - з одного боку, на наукові дослідження природних, природних явищ, а з іншого, - на виробництво, або відтворення, свого задуму цілеспрямованою діяльністю людини-творця - змушує його поглянути на свій виріб інакше, ніж це роблять і ремісник, і вчений-натураліст. Якщо мета технічної діяльності - безпосередньо поставити і організувати виготовлення системи, то мета інженерної діяльності - спочатку визначити матеріальні умови і штучні засоби, що впливають на природу в потрібному напрямку, змушують її функціонувати так, як це потрібно для людини, і лише потім на основі отриманих знань поставити вимоги до цих умов і засобів, а також вказати способи і послідовність їх забезпечення та виготовлення. Інженер, таким чином, як і вчений-експериментатор, оперує з ідеалізованими уявленнями про природні об'єкти. Проте перший з них використовує ці знання та уявлення для створення технічних систем, а другий створює експериментальні пристрої для обґрунтування та підтвердження даних уявлень.

З розвитком експериментального природознавства, перетворенням інженерної професії в масову в XVIII-XIX століттях виникає необхідність і систематичного наукового освіти інженерів. Саме поява вищих технічних шкіл знаменує наступний важливий етап у розвитку інженерної діяльності. Однією з перших таких шкіл, як уже говорилося в передітих главах цієї книги, була Паризька політехнічна школа, заснована в 1794 р., де свідомо ставилося питання систематичної наукової підготовки майбутніх інженерів. Вона стала зразком для організації вищих

технічних навчальних закладів, у тому числі і в Росії. З самого початку ці установи почали виконувати не тільки навчальні, а й дослідницькі функції у сфері інженерної діяльності, чим сприяли розвитку технічних наук. Інженерна освіта тих пір стало відігравати суттєву роль у розвитку техніки.

До початку XX століття інженерна діяльність являє собою складний комплекс різних видів діяльності (винахідницька, конструкторська, проектувальна, технологічна і т.п.), і вона обслуговує різноманітні сфери техніки (машинобудування, електротехніку, хімічну технологію і т.д.). Сьогодні одна людина просто не зможе виконати всі різноманітні роботи, необхідні для випуску будь-якого складного виробу, як це робив, наприклад, на початку XIX століття на одному з перших машинобудівних заводів його власник Генрі Модслі. Сам він був механіком-самоучкою, одночасно і винахідником. Він винайшов, зокрема, супорт токарного верстата, причому сам розробляв нову конструкцію виробу, і технологічне обладнання, і технологію його виготовлення. В кінці минулого століття в Лейпцигу ще існував завод, на якому всі інженерні роботи (від задуму до робочих креслень) виконував одна людина - його власник Р. Зак. Там не було ні технічного бюро, ні креслярів. Вже в ті часи його "багатостороння" діяльність представлялася курйозом.

Для сучасної інженерної діяльності характерна глибока диференціація по різних галузях і функцій, яка привела до поділу її на цілий ряд взаємозв'язаних видів діяльності і виконують їх кооперантов. Така диференціація стала можливою, проте, далеко не відразу. Складна кооперація різних видів інженерної діяльності складалася поступово. На перших етапах свого професійного розвитку інженерна діяльність була орієнтована на застосування природничих наук (головним чином, фізики), а також математики, і включала в себе *винахідництво, конструювання* досвідченого зразка і *розробку технології* виготовлення нової технічної системи. Інженерна діяльність, спочатку виконується винахідниками, конструкторами і технологами, тісно пов'язана з технічною діяльністю (її виконують на виробництві техніки, майстри та робітники), яка стає виконавської по відношенню до інженерної діяльності. Зв'язок між цими двома видами діяльності здійснюється за допомогою креслень. Виготовляли їх креслярі називалися в Росії "вченими рисувальника". Для підготовки цих фахівців для заводів і призначалося засноване в 1825 р. "Строгановське училище технічного малювання".

Проте з плином часу структура інженерної діяльності ускладнюється. Класична інженерна діяльність включала в себе винахідництво, конструювання та організацію виготовлення (виробництва) технічних систем, а також інженерні дослідження та проектування.

Винахідницька діяльність

Шляхом *винахідницької діяльності* на підставі наукових знань і технічних винаходів наново створюються нові принципи дії, способи реалізації цих

принципів, конструкції технічних систем або окремих їх компонентів. Складнощі у виготовленні, конструюванні і технічному обслуговуванні, а також необхідність створення технічних систем, всі або деякі компоненти яких принципово відмінні від існуючих, стимулюють виробництво особливого продукту, об'єктивувати у вигляді патентів, авторських свідоцтв, винаходів і т.д. Останні мають, як правило, широку сферу застосування, що виходить за межі одиничного акту інженерної діяльності і використовуються як вихідний матеріал при конструюванні і виготовленні технічних систем.

Зразки такого роду діяльності продемонстрували багато вчених-натуралісти, удосконалюючи конструкцію експериментальної техніки, розробляючи і проводячи нові експерименти. Наприклад, Гук винайшов мікроскоп, Герц - нову апаратуру для реєстрації та отримання електромагнітних хвиль. Гюйгенс придумав конструкцію годин, яка здійснила рух центру тяжіння маятника по циклоїді - так, щоб час його хитання не залежало від величини розмаху. Ньютон винайшов телескоп абсолютно нової конструкції. "Але на шляху створення відбивного телескопа виникли труднощі технічного порядку ... Ньютон придумав спосіб полірування металевої поверхні, зайнявся пошуками відповідних сплавів для дзеркала і добився успіху". Ейнштейн все своє життя приділяв велику увагу конструкторсько-винахідницькому творчості. Його можна вважати одним з винахідників Магнітодинамічного насоса для перекачування рідких металів, холодильних машин, гігроскопічних компасів, автоматичної фотокамери, електрометрів, слухового апарату тощо "На рахунку у Ейнштейна було близько двадцяти оригінальних патентів, в яких знайшла своє відображення його здатність вміло комбінувати відомі методи або фізичні ефекти для вирішення конкретних завдань, висунутих запитами промисловості або повсякденного життя, проявилися дотепність і витонченість - ці невід'ємні складові незвичайного винахідницького таланту". Однак для багатьох інженерів-практиків винахідництво було не побічної, а основний або навіть єдиною діяльністю.

Лише на перших етапах становлення інженерної діяльності винахідництво спирається на емпіричний рівень знання. В умовах же розвиненою технічної науки будь-який винахід ґрунтується на ретельних інженерних дослідженнях і супроводжується ними.

З розвитком масового виробництва для того, щоб винахід потрапило в промисловість, виникає необхідність його спеціальної проектно-конструкторської підготовки. *Конструювання* представляє собою розробку конструкції технічної системи, яка потім матеріалізується в процесі його виготовлення на виробництві. Конструкція технічної системи являє собою певним чином пов'язані стандартні елементи, що випускаються промисловістю або винайдені заново, і є загальною для цілого класу виробів виробництва.

Вихідним матеріалом діяльності *виготовлення* є матеріальні ресурси, з яких створюється виріб. Ця діяльність пов'язана з монтажем вже готових елементів конструкції і з паралельним виготовленням нових елементів. Функції інженера в даному випадку полягають в *організації виробництва* конкретного класу виробів (наприклад, організація оптичної, радіотехнічної та електротехнічної промисловості, будівництво залізниць, масового виробництва електровимірювальних приладів тощо) та розробці технології виготовлення певної конструкції технічної системи.

Часто великі інженери одночасно поєднують в собі і винахідника, і конструктора, і організатора виробництва. Проте сучасний розподіл праці в області інженерної діяльності неминуче веде до спеціалізації інженерів, що працюють переважно в сфері або інженерного дослідження, або конструювання, або організації виробництва і технології виготовлення технічних систем.

Інженерні дослідження

Інженерні дослідження, на відміну від теоретичних досліджень в технічних науках, безпосередньо вплетені в інженерну діяльність, здійснюються в порівняно короткі терміни і включають в себе передпроектне обстеження, наукове обґрунтування розробки, аналіз можливості використання вже отриманих наукових даних для конкретних інженерних розрахунків, характеристику ефективності розробки, аналіз необхідності проведення відсутніх наукових досліджень і т.д. Інженерні дослідження проводяться в сфері інженерної практики і спрямовані на конкретизацію наявних наукових знань стосовно певної інженерної задачі. Результати цих досліджень знаходять своє застосування перш за все у сфері інженерного проектування. Саме такого роду інженерні дослідження здійснюються великими фахівцями в області конкретних технічних наук, коли вони виступають в якості експертів при розробці складних технічних проектів.

У процесі функціонування та розвитку інженерної діяльності в ній відбувається накопичення конструктивно-технічних і технологічних знань, які представляють собою евристичні методи і прийоми, розроблені в самій інженерній практиці. У процесі подальшого прогресивного розвитку інженерної діяльності ці знання стають предметом узагальнення в науці. Спочатку вся інженерна діяльність була орієнтована на використання лише природничо-наукових знань, і в її здійсненні брали діяльну участь багато вчених-натуралістів, конструюючи експериментальне обладнання і навіть технічні пристрої. Тому саме в природних науках формуються поступово особливі розділи, спеціально орієнтовані на обслуговування інженерної практики. Крім вчених-теоретиків і вчених-експериментаторів, з'являються фахівці в галузі прикладних досліджень і технічних наук, завдання яких - обслуговування інженерної діяльності.

В даний час існує безліч областей технічної науки, що відносяться до різних сфер інженерної діяльності. Однак області технічної науки і відповідні їм сфери інженерної діяльності не тотожні. Наприклад, електротехніку як сферу інженерної діяльності та галузь промисловості не слід плутати з теоретичною електротехнікою, яка представляє собою область технічної науки. Остання має в даний час досить розроблений теоретичний рівень (скажімо, теорію електричних ланцюгів) і не може розглядатися як дослідження, спрямоване лише на застосування знань природничо-наукових дисциплін. У технічних науках розвинені особливі теоретичні принципи, побудовані специфічні ідеальні об'єкти, введені нові наукові закони, розроблено оригінальний математичний і понятійний апарат. Технічні науки задовольняють сьогодні всім основним критеріям виділення наукової дисципліни. У той же час слід пам'ятати, що технічні науки досить чітко орієнтовані на рішення інженерних завдань і мають цілком певну специфіку. Звичайно, в них доводяться теореми і будуються теоретичні системи. Однак, поряд з цим, важливе місце займають описи розрахунків і приладів та різні методичні рекомендації. Головна мета технічних наук - вироблення практико-методичних рекомендацій щодо застосування наукових знань, отриманих теоретичним шляхом (у сфері технічної науки - технічної теорії) в інженерній практиці. Специфіка технічної науки визначається необхідністю використання її результатів не стільки для пояснення природних процесів, скільки для конструювання технічних систем. Ці результати опосередковані, як правило, інженерними дослідженнями, проведеними в рамках того чи іншого виду конкретної інженерної діяльності.

З появою та розвитком технічних наук змінилася і сама інженерна діяльність. У ній поступово виділилися нові напрямки, тісно пов'язані з науковою діяльністю (але не зводяться до неї), з опрацюванням загальної ідеї, задуму створюваної системи, виробу, споруди, пристрої і перш за все - проектування.

Проектування

Проектування як особливий вид інженерної діяльності формується на початку XX століття і пов'язане спочатку з діяльністю креслярів, необхідністю особливого (точного) графічного зображення задуму інженера для його передачі виконавцям на виробництві. Однак поступово ця діяльність пов'язують з науково-технічеськімі розрахунками на кресленні основних параметрів майбутньої технічної системи, її попереднім дослідженням.

В інженерному проектуванні слід розрізняти "внутрішнє" і "зовнішнє" проектування. Перша пов'язана зі створенням робочих креслень (технічного і робочого проєктів), які є основними документами для виготовлення технічної системи на виробництві, друге - направлено на опрацювання спільної ідеї системи, її дослідження за допомогою теоретичних засобів, розроблених у відповідній технічній науці.

Проектування необхідно відрізнити від конструювання. Для проектувальної діяльності вихідним є *соціальне замовлення*, тобто потреба у створенні певних об'єктів, викликана або "розривами" в практиці їх виготовлення, або конкуренцією, або потребами розвивається соціальної практики (наприклад, необхідністю впорядкування руху транспорту у зв'язку зі зростанням міст) і т.п. Продукт проектувальної діяльності на відміну від конструкторської виражається в особливій знаковій формі - у вигляді текстів, креслень, графіків, розрахунків, моделей у пам'яті ЕОМ і т.д. Результат конструкторської діяльності повинен бути обов'язково матеріалізований у вигляді дослідного зразка, за допомогою якого уточнюються розрахунки, наведені у проєкті, і конструктивно-технічні характеристики проєктованої технічної системи.

Зростання спеціалізації різних видів інженерної діяльності привело останнім часом до необхідності її теоретичного опису: по-перше, з метою навчання і передачі досвіду і, по-друге, для здійснення автоматизації самого процесу проектування і конструювання технічних систем. Виділення ж проектування в сфері інженерної діяльності та його відокремлення в самостійну галузь діяльності у другій половині ХХ століття призвело до кризи традиційного інженерного мислення, орієнтованого на застосування знань лише природних і технічних наук і створення щодо простих технічних систем. Результатом цієї кризи було формування системотехнічної діяльності, спрямованої на створення складних технічних систем.

Системотехническая діяльність

У другій половині ХХ століття змінюється не тільки об'єкт інженерної діяльності (замість окремого технічного пристрою, механізму, машини тощо об'єктом дослідження і проектування стає складна людино-машинна система), але змінюється і сама інженерна діяльність, яка стала дуже складною, що вимагає організації та управління. Іншими словами, поряд з прогресуючою диференціацією інженерної діяльності у кількох її галузях і видах, наростає процес її інтеграції. А для здійснення такої інтеграції потрібні особливі спеціалісти - *інженери-системотехніки*.

Аналіз системотехнічної діяльності показує, що вона неоднорідна і включає в себе різні види інженерних розробок і наукових досліджень. У неї виявляються втягнутими багато галузеві та академічні інститути; над одними і тими ж проєктами працюють фахівці різних галузей науки і техніки. У силу цього координація всіх аспектів системотехнічної діяльності виявляється нетривіальною науковою, інженерною та організаційною завданням.

Системотехническая діяльність здійснюється різними групами фахівців, що займаються розробкою окремих підсистем. Розчленування складної технічної системи на підсистеми йде за різними ознаками: відповідно до спеціалізації, існуючої в технічних науках; по області виготовлення щодо

проектувальних та інженерних груп; відповідно до встановлених організаційними підрозділами. Кожній підсистемі відповідає позиція певного спеціаліста (мається на увазі необов'язково окремий індивід, а й група індивідів і навіть цілий інститут). Ці фахівці пов'язані між собою завдяки існуючим формам поділу праці, послідовності етапів роботи, загальним цілям і т.д. Крім того для реалізації системотехнічної діяльності потрібна група особливих фахівців (швидше, їх слід назвати універсалістів) - координаторів (головний конструктор, керівник теми, головний спеціаліст проекту або служби наукової координації, керівник науково-тематичного відділу). Ці фахівці здійснюють координацію, так само як і науково-тематичне керівництво і в плані об'єднання різних підсистем, і в плані об'єднання окремих операцій системотехнічної діяльності в єдине ціле. Підготовка таких універсалістів вимагає не тільки їх знайомства зі знаннями координованих ними фахівців, але й розгорнутого уявлення про методи опису самої системотехнічної діяльності. Серед наявних способів такого опису розглянемо три основних: членування системотехнічної діяльності по об'єкту (етапи розробки системи); опис послідовності фаз і операцій системотехнічної діяльності; аналіз її з точки зору кооперації робіт і фахівців.

Етапи розробки системи

Етапи розробки системи виділяються відповідно до членуванням системотехнічної діяльності по об'єкту. У ході проектування уявлення про складну технічної системи змінюється. Відбувається послідовна конкретизація моделей цієї системи.

Розглянемо цей спосіб опису системотехнічної діяльності на прикладі роботи У. Гослінга "Проектування технічних систем". У ній представлені загальні процедурні правила створення систем на різній матеріальній основі. Системотехнічна діяльність розглядається як процес синтезу функціональної моделі системи і потім її перетворення на структурну модель (або його реалізації). Кожен етап пов'язується із певними засобами символічного і графічного представлення системи. Функціональна модель відтворює протікання в реальній системі субстанції (речовини, енергії або інформації), тобто перетворює вхідну субстанцію у вихідну адекватно функціонуванню реальної технічної системи. Гослінг назвав таку модель потоковою системою. Тут можуть вводитися певні проміжні перетворення, тобто описуватися операції, які виконує кожен елемент системи по відношенню до внутрішнього потоку. Як функціональних моделей можуть бути використані, наприклад, алгебраїчні моделі.

Структурні моделі поділяються на діаграми протікання субстанції і блок-схеми. Діаграма протікання субстанції показує послідовність операцій (більш детально, ніж це дано у функціональній моделі, де сувора послідовність може і не дотримуватися) і дає мінімум інформації про план побудови системи: ідентифікацію елементів і схему зв'язків. У блок-схемі дані форма субстанції на

входах і виходах одного іншого елемента. Для цієї мети використовуються особливі елементи - трансдюсери - перетворювачі форми субстанції.

Функціональні моделі можуть бути отримані трьома способами. У першому і в другому випадках попередньо існує прототип системи. У першому випадку він даний у вигляді блок-схеми, а в другому - у вигляді послідовності інструкцій. На блок-схемі може бути отримана діаграма протікання субстанції, а з неї - функціональна модель. З послідовності інструкцій спочатку будуються потокові діаграми для різних груп інструкцій, які потім збираються в єдину функціональну модель. У третьому випадку такого прототипу системи немає. Функціональна модель може бути отримана або за допомогою аналогій, або завдання зводиться до підсистем, або модель складається з допомогою модифікації деяких елементів доступної системи. Нарешті, можлива зміна проблеми, якщо функціональна модель не може бути отримана жодним із зазначених вище способів. На етапі реалізації функціональна модель представляється у вигляді поточної діаграми. За допомогою перестановки блоків, заміни декількох блоків одним, поділом одного блоку на кілька блоків, еквівалентною зміною зв'язків між блоками і т.п. з функціональної моделі виходить безліч поточних діаграм. Щоб реалізувати деякі потокові діаграми, проектувальнику необхідний каталог елементів, з якого вибираються системні елементи, що мають властивості, як можна більш близькі до властивостей ідеалізованих елементів поточних діаграм. У результаті виходить блок-схема, відповідна технічним умовам, сформульованим у технічному завданні. Важливо підкреслити, що для створення системи недостатньо якого-небудь одного опису, необхідно поєднання блок-схеми, поточної діаграми та функціональної моделі. У процесі проектування вони постійно коректуються і підганяються один до одного за рахунок повернення на попередні стадії. У результаті виходить деякий цілісний опис системи, складові якого взаємно доповнюють один одного.

Членування системотехнічну діяльності по об'єкту багато в чому залежить від того, яким чином представляється інженером-системотехніків сама складна технічна система. Таке членування визначається не тільки об'єктними характеристиками, але і можливостями проектування, вивчення, виготовлення цієї системи. Воно використовується для організації функціонування підсистем і об'єднання їх в єдину систему. При членуванні системотехнічну діяльності відповідно до структури технічної системи зазвичай виділяються наступні її етапи: макропроектірованіє (або, іншими словами, зовнішнє проектування), мікропроектірованіє (або внутрішнє проектування), а також проектування навколишнього середовища, яке пов'язане з формулюванням цілей системи; розбивка системи на підсистеми (тобто поділ і розподіл функцій); проектування підсистем; вивчення їх взаємодії та інтеграція системи.

Фази і операції системотехнічну діяльності

Другий спосіб опису системотехнічну діяльності полягає у виділенні в ній *послідовності фаз*, а в самих цих фазах - *ланцюзі дій*, або узагальнених операцій. Опис системотехнічну діяльності як послідовності фаз і операцій відповідають її розбивці з точки зору часової організації робіт, паралельної і послідовної зв'язку між ними, можливості виділення фрагментів діяльності і т.д. Це уявлення системотехнічну діяльності використовується головним чином для синхронної організації та встановлення послідовності операцій (алгоритму розробки системи). Воно також служить засобом вирішення задачі автоматизації проектування складних технічних систем.

Зазвичай системотехніческая діяльність розпадається на наступні шість фаз: підготовка технічного завдання (інакше аванпроекту) - передпроектна стадія, розробка ескізного проекту, виготовлення та впровадження, експлуатація та оцінка. Іноді додається ще одна фаза - "ліквідація", або "знищення" системи, що в сучасних умовах часто є дуже складним завданням через можливі екологічних наслідків цього процесу. На кожній фазі системотехнічну діяльності виконується одна і та ж послідовність узагальнених операцій. Ця послідовність включає в себе *аналіз проблемної ситуації, синтез рішень, оцінку і вибір альтернатив, моделювання, корегування і реалізацію рішення*.

Системотехніческая діяльність як послідовність фаз, кроків і завдань найбільш розгорнуто представлена в книзі М. Азімова "Введення в проектування". У ній докладно розглянуто три фази: вивчення здійсненності, попереднє проектування і детальне проектування. Дається наступна хронологічна структура цих фаз.

Перша фаза. Вивчення здійсненності починається з *аналізу потреб (перший крок)*. Мета даної фази - безліч придатних рішень проектної проблеми. Початковою точкою системотехнічну діяльності є гіпотетична потреба, яка існує в певній соціально-економічній сфері. Аналіз потреб повинен продемонструвати, чи дійсно існує початкова потреба, чи має вона широке розповсюдження чи є прихованою. Потреба з'являється тоді, коли стає можливою її економічна реалізація. Вона передбачає певне технічне виконання, певну технічну систему, яка робить її задоволення можливим. На *другому кроці* досліджується породжена потребою *проектна проблема*. Перш ніж намагатися знайти можливі її рішення, проектна проблема повинна бути визначена і сформульована. Це завдання здійснюється на основі інформації, яку ми отримуємо від попереднього кроку (специфікація бажаних виходів) та релевантної технічної інформації про навколишнє середовище, ресурсах і загальному інженерному принципі системи. В інженерній формулюванні проблеми, що є результатом "ідентифікації системи", визначаються параметри системи, обмежувальні умови та головні проектні критерії. Проектована система розглядається тут як "чорний ящик", зміст якого невідомо. *Третій крок* вивчення здійсненності являє собою синтез можливих рішень. *Синтез* полягає в "прилаживання" один до одного частини або окремих ідей проекту з метою отримання інтегрованого цілого. З отриманих у результаті

синтезу безлічі вселяють довіру альтернативних рішень повинні бути обрані потенційно придатні вирішення проблеми. Кожне з них є абстракцією, ідеалізацією, яка враховує тільки деякі головні чинники, але опускає багато другорядні фактори. Останні можуть, однак, мати вирішальне значення при з'ясуванні можливості або неможливості цього рішення. Тому *четвертий крок* полягає у визначенні *фізичної реалізованості* рішень проблеми. На *п'ятому кроці* з реалізованих рішень вибираються *економічно рентабельні рішення*. Однак може виявитися, що навіть економічно рентабельні рішення проектної проблеми не можуть бути реалізовані, якщо цього не дозволяють наявні фінансові ресурси. У результаті визначення *фінансової здійсненності* (*шостий крок*) залишається безліч придатних рішень, які і є результатом першої фази.

Друга фаза. *Попереднє проектування* має на меті встановити, яка з запропонованих на попередній фазі альтернатив є найкращою проектною ідеєю. Результатом цієї фази є загальна ідея системи, яка буде служити керівництвом для детального проектування. *Перший крок* полягає у виборі з *проектних ідей*. У безлічі придатних рішень, розроблених при вивченні здійсненності, повинно бути визначено найбільш перспективне рішення як попередня ідея проекту. *Другий крок* полягає в *формулюванні математичних моделей* як прототипів проектованої системи. У результаті *аналізу чутливості системи* (*третій крок*) за рахунок експериментування з її входами і виходами визначаються критичні проектні параметри, точні межі чутливості системи на зовнішні впливи. Визначається, які мінімальні впливи на входи (незалежні змінні) ведуть до змін виходів (залежні змінні). На *четвертому кроці* - це *аналіз сумісності* - система повинна бути представлена як об'єкт, що сам є комбінацією об'єктів на нижчележачому рівні складності, які представляють собою підсистеми і можуть бути комбінацією компонентів, у свою чергу складаються з більш дрібних частин, що має ієрархічну структуру. Точні проектні параметри, які виявлені при аналізі чутливості, повинні бути відкоректовані з точки зору пристосування один до одного підсистем і компонентів, збільшення їх взаємної сумісності. У результаті цього кроку виходять "пригнані параметри". Оскільки система діє у динамічній навколишньому середовищі, вона повинна мати таку стабільність, щоб зміни в цьому середовищі не були причиною "катастроф" у системі. Мета *аналізу стабільності* (*п'ятий крок*) - дослідити поведінку системи в незвичайних обставинах, щоб була впевненість, що система як ціле не є нестабільною, визначити області, в яких проектні параметри є нестабільними, визначити ризик та наслідки змін навколишнього середовища, які могли б бути причиною "катастроф" у системі. До *шостого кроку* всі головні параметри не фіксувалися на певному і єдиному значенні. На стадії *оптимізації проектного рішення* це необхідно зробити. Таким чином, на шостому кроці здійснюється остаточний вибір найкращого рішення серед декількох альтернатив. *Сьомий крок* попереднього проектування називається "*проекція в майбутнє*". Дійсно, деякі компоненти системи застарівають раніше, ніж її проектування буде завершено. Тому проєктувальник повинен знати загальний напрям

і тенденції технічного розвитку. У проекті необхідно враховувати можливості технічного прогресу, наприклад, нові компоненти і підсистеми, які можуть бути додані до системи в майбутньому. Можуть змінитися також смаки споживачів або пропозиції конкурентів, тобто соціально-економічні умови. На *восьмому кроці* передбачається вивчити, як сама система буде вести себе в майбутньому (*передбачення поведінки системи*). *Дев'ятий крок* здійснюється у випробувальній лабораторії, де проводиться *експериментальна перевірка ідеї*. Випробування не обмежуються лише доказом задовільності роботи системи або її компонентів. Вони можуть також відповісти на питання про фізичну реалізованість системи, якщо це неможливо зробити на основі аналізу або минулого досвіду. Нарешті, в результаті ряду кроків проект стає дуже складним, тому *десятий крок* полягає в усуненні непотрібної складності, у *спрощенні проекту*.

Третя фаза. Мета *детального проектування* - довести попередню ідею системи до фізичної реалізації та розробити остаточну конструкцію системи. Загальна ідея системи зафіксована, підсистеми точно визначені, і є попереднє рішення виконати повний проект. Для цього необхідні фахівці, час і гроші. Тому на *першому кроці* (*підготовка до проектування*) обґрунтовується бюджет і здійснюється організація проектування. *Другий крок* полягає в *загальному проектуванні підсистем* за тими ж етапами, що і попереднє проектування системи в цілому. Проте вимоги сумісності та сумісної дії підсистем накладають на них великі обмеження, ніж фактори навколишнього середовища на систему в цілому. Відповідно до попередніх планів підсистем *розробляються проекти компонент* (*третій крок*), що є фактично повторенням проектування підсистем. Однак проектування на більш низьких рівнях стає менш абстрактним. Результати проектування компонентів фіксуються в попередніх планах, які є основою для *детального проектування частин*, які є елементарними складовими компонентів (*четвертий крок*). Нарешті, виникає питання про фізичну реалізацію, який при проектуванні підсистем і компонентів був відносно другорядним. Необхідно вирішити, які повинні бути форма, матеріал і набір інструкцій (наприклад, способи обробки матеріалу) для виробництва частин. Усе це фіксується в детальних кресленнях і в специфікаціях до них. Попередній план компонента повинен бути замінений тепер точним і остаточним складальним кресленням. Далі мають бути накреслені відповідні складальні креслення для підсистем і, нарешті, для системи в цілому. Цей процес, що становить зміст *п'ятого кроку*, є ітераційним. При *підготовці складальних креслень* відбувається коригування креслень підсистем, компонентів і частин. Маючи повні складальні креслення, експериментальна майстерня може побудувати перші матеріалізовані прототипи - *експериментальну конструкцію системи* (*шостий крок*). (Іноді перший прототип і є кінцевим продуктом). На *сьомому кроці*, після того, як експериментальна конструкція виготовлена, складається *програма перевірки продукту*. Центральним стає питання, чи добре працює система з точки зору споживача. На основі *аналізу перевірочних даних* (*восьмий крок*) проводиться виявлення дефектів, які служать основою

для *перепроєктування та удосконалення системи (дев'ятий крок)* до тих пір, поки остаточне інженерне опис проекту не буде виконано.

Фаза детального проектування системи закінчується, але нею не завершується системотехнічний цикл. Він включає в себе ще планування виробництва, розподілу споживання і зняття з експлуатації. Однак нас у даному випадку цікавить лише приклад опису системотехнічної діяльності у вигляді фаз, кроків і завдань, тому обмежимося вже розглянутими фазами. Кожен крок системотехнічної діяльності представлений автором як процес, що складається з послідовності завдань. Ця послідовність є спеціалізованим процесом вирішення проблеми, що включає в себе аналіз проблемної ситуації, синтез рішень, оцінку і вибір з альтернатив, оптимізацію, перегляд та здійснення. На кожному кроці проектування від аналізу потреб фази вивчення здійсненності до перепроєктування (фаза детального проектування) іноді повністю, іноді частково, вирішується одна і та ж послідовність завдань.

Кооперація робіт і фахівців у системотехніці

Системотехнічна діяльність являє собою *комплексний вид діяльності*, що включає велику кількість виконавців і функцій. Метою її є створення великих технічних систем і в зв'язку з цим - організація всіх робіт і фахівців, залучених до цієї розробки. Можна виділити "горизонтальну" і "вертикальну" структури системотехнічної діяльності. Ці структури відбивають існуючу в системотехніці зв'язок робіт і фахівців: перша відповідає типам компонентів і аспектів системи (створення машинних блоків, проектування "площини дотику" людини і машини, розробка економічних, організаційних і соціальних аспектів системи і т.п.), друга відповідає загальній послідовності робіт системотехнічної діяльності (інженерне дослідження, винахідництво, проектування, конструювання, виготовлення та впровадження, експлуатація). У якості найважливіших компонентів системотехнічної діяльності виділяються також методична діяльність і науково-технічна координація.

Можливо опис системотехнічної діяльності з точки зору зв'язку робіт і фахівців; приклад такого опису можна знайти в книзі Г. Х. Гуда і Р. Е. Маколей "Системотехніки". Кожну наукову дисципліну, що бере участь у створенні складної технічної системи, фактично представляє той чи інший фахівець. Наприклад, дослідник операцій розглядається саме як член бригади проєктувальників, що накладає на нього деякі зобов'язання (знайомство з апаратурою та допомога у виборі рішень по проєкту). Кожна фаза також зв'язується з певним складом бригади системотехніків. Більшість або всі члени такої бригади повинні бути "вченими-Універсалізм". Крім того, кожен член бригади повинен бути ще і фахівцем в якій-небудь вузької області (електроніці, математики, тієї області, до якої належить вирішити завдання і т.п.). Система, звичайно, не може бути продуктом одних "універсалістів". Завдання інженера-системотехніка полягає в організації різних фахівців при проєктуванні системи. Автори розглядають співвідношення між дослідженням і розробкою,

можливість і необхідність дублювання робіт над проектом, а також способи організації роботи з проектування системи. Системотехнічна група може бути організована: (1) як *штабна група* при керівникові проекту (забезпечує плани і ведення програми); (2) як *лінійна група* на чолі з начальником проекту, який є її безпосереднім керівником (функціонує по всіх частинах проектної організації); (3) як *розчленована група*, що складається з керівників груп устаткування, які зустрічаються для виконання завдань проектування системи в цілому; (4) як *окрема лінійна організація* на рівних правах з групами обладнання, швидко перемикається з одного обладнання на інше; (5) як *окреме проектне бюро*. При невеликій кількості великих проектів найкращою є організація (1), при великій кількості - організація (4). Автори подають також докладний опис наукових засобів і дисциплін, які використовуються в системотехнічній діяльності, з якого видно, що їх арсенал не обмежується лише природними, технічними науками і математикою, але включає в себе також інженерно-економічні дослідження, індустриальну соціологію та інженерну психологію, необхідну, наприклад, для проектування діяльності людини-оператора в складній технічній системі.

Таким чином, сьогодні проектування вже не може спиратися лише на технічні науки. Вихід інженерної діяльності у сферу соціально-технічних і соціально-економічних розробок привів до відокремлення проектування в самостійну галузь діяльності та трансформації його в системне проектування, спрямоване на проектування (реорганізацію) людської (наприклад, управлінської) діяльності, а не тільки на розробку машинних компонентів. Це призводить до того, що інженерна діяльність та проектування міняються місцями. Якщо традиційне інженерне проектування входить складовою частиною в інженерну діяльність, то системне проектування, навпаки, може включати (якщо мова йде про створення нових машинних компонентів) або не включати в себе інженерну діяльність. Сфера застосування системного проектування розширюється, воно включає в себе всі сфери соціальної практики (обслуговування, споживання, навчання, управління і т.д.), а не тільки промислове виробництво. Формується соціотехнічне проектування, завданням якого стає цілеспрямована зміна соціально-організаційних структур.

Соціотехнічне проектування

Технічне вироб в соціальному контексті

"Розшарування" інженерної діяльності призводить до того, що окремий інженер, по-перше, концентрує свою увагу лише на частині складної технічної системи, а не на цілому і, по-друге, все більше і більше віддаляється від безпосереднього споживача його виробу, конструюючи артефакт (технічну систему) відокремленим від конкретної людини, служити якому перш за все і покликаний інженер. Безпосередній зв'язок виробника і споживача, характерна для ремісничої технічної діяльності, порушується. Створюється ілюзія, що завдання інженера - це лише конструювання артефакту, а його впровадження в

життєву канву суспільства та функціонування в соціальному контексті має реалізовуватися автоматично.

Однак сьогодні створення автомобіля - це не просто технічна розробка машини, а й створення ефективної системи обслуговування, розвиток мережі автомобільних доріг, скажімо, швидкісних трас з особливим покриттям, виробництво запасних частин і т.д. і т.п. Будівництво електростанцій, хімічних заводів і подібних технічних систем вимагає не просто обліку "зовнішньої" екологічної обстановки, а формулювання екологічних вимог як вихідних для проектування. Все це висуває нові вимоги як до інженера і проектувальника, так і до представників технічної науки. Їх вплив на природу і суспільство настільки велике, що соціальна відповідальність їх перед суспільством незмірно зростає, особливо останнім часом.

Сучасний інженер - це не просто технічний фахівець, вирішальний вузькі професійні завдання. Його діяльність пов'язана з природним середовищем, основою життя суспільства, і самою людиною. Тому орієнтація сучасного інженера тільки на природознавство, технічні науки і математику, яка спочатку формується ще у вузі, не відповідає його справжньому місцю в науково-технічному розвитку сучасного суспільства. Вирішуючи свої, здавалося б, вузько професійні завдання, інженер активно впливає на суспільство, людину, природу і не завжди найкращим чином. Це дуже добре розумів ще на початку ХХ століття російський інженер-механік і філософ-техніки П. К. Енгельмейер: "Минув той час, коли вся діяльність інженера протікала всередині майстерень і вимагала від нього одних лише чистих технічних пізнань. Почати з того, що вже самі підприємства, розширюючись, вимагають від керівника і організатора, щоб він був не тільки техніком, але і юристом, і економістом, і соціологом". Ця соціально-економічна спрямованість роботи інженера стає абсолютно очевидною в рамках ринкової економіки - коли інженер змушений пристосовувати свої вироби до ринку і споживачеві.

Завдання сучасного інженерного корпусу - це не просто створення технічного пристрою, механізму, машини і т.п. У його функції входить і забезпечення їх нормального функціонування в суспільстві (не тільки в технічному сенсі), зручність обслуговування, дбайливе ставлення до навколишнього середовища, нарешті, сприятливе естетичний вплив і т.п. Мало створити технічну систему, необхідно організувати соціальні умови її впровадження та функціонування з максимальними зручностями і користю для людини.

Негативний досвід розробки автоматизованих систем управління (АСУ), наприклад, дуже добре показує недостатність вузькотехнічного підходу до створення складних людино-машинних систем. У цю сферу, по суті справи, соціотехнічних розробок спочатку прийшли фахівці з самих різних галузей науки і техніки і цілком природно привнесли з собою відповідне бачення об'єкта дослідження та проектування. Скажімо, фахівці в області теорії автоматичного

регулювання бачили в АСУ лише сукупність передавальних функцій і певних структурних блоків, які треба зв'язати. Той факт, що АСУ - це перш за все *соціально-економічна система*, в яку впроваджуються засоби обчислювальної техніки, усвідомлювався дуже і дуже довго. У свідомості інженера витала ідея про те, що хоча б в граничному випадку автоматизована система управління повинна стати автоматичною. Іншими словами, вона повинна стати повністю автоматизованою, технічною системою, що виключає людини. З цим фактом, як нам здається, пов'язані багато невдачі в історії розробки і впровадження АСУ. У відповідності з цією програмою, всі галузі, об'єднання, підприємства кинулися терміново закуповувати обчислювальну техніку, ще точно не знаючи, як її використовувати. При цьому не враховувалося, що соціальний організм, в який вбудовується дана техніка, повинен бути перебудований, інакше АСУ, замість скорочення управлінського персоналу, заради чого вони і впроваджувалися, призводять до його збільшення. Для впровадження АСУ була необхідна перебудова всієї господарської діяльності цеху, підприємства, галузі, а не автоматизація рутинних процедур людської діяльності шляхом заміни людини машинними компонентами. Машинні компоненти виступають у цьому випадку вже як підлеглі більш загальної і глобальної соціально-економічної задачі.

2.Нові види і нові проблеми проектування

Таким чином, новий стан у системному проектуванні є проектування систем діяльності. Тут мова йде про *соціотехніческое* (на противагу системотехнічному) проектуванні, де головна увага має приділятися не машинним компонентів, а людської діяльності, її соціальним і психологічним аспектам. Проте проектувальники користуються часто старими засобами і неадекватними модельними уявленнями. У чому ж полягає специфіка сучасного соціотехніческого проектування і що все-таки дозволяє називати його проектуванням?

Перш за все соціотехніческое проектування характеризується *гуманітаризацією*. Проектування саме стає джерелом формування проектної тематики і вступає тим самим у сферу культурно-історичної діяльності. Крім того, в якості об'єкта проектування виступає і сама сфера проектної діяльності ("проектування проектування"). Тому в ньому формується особливий методичний шар, спрямований на вироблення норм і розпоряджень для проектних процедур, і теоретичний шар, що забезпечує методистів знаннями про ці процедури.

Соціотехніческое проектування - це *проектування без прототипів*, і тому воно орієнтоване на реалізацію ідеалів, що формуються в теоретичній чи методологічній сферах або в культурі в цілому. Його можна охарактеризувати як особливе проектне рух, до якого залучені різні типи діяльності: виробнича, соціального функціонування, експлуатаційна, традиційного проектування і т.п. У ролі проектувальників стали виступати і вчені (кібернетики, психологи,

соціологи). Проектування тісно переплітається з плануванням, управлінням, програмуванням, прогнозуванням та організаційною діяльністю. Залучені в проектне рух, вони не тільки трансформуються самі, а й істотно модифікують проектування взагалі. Що ж у такому разі дозволяє називати все це проектуванням? Сфера проектування, хоча і включає в себе в даний час діяльність багатьох видів, залишає на першому плані конструктивні завдання, підпорядковуючи їм всі інші.

Розглянемо основні проблеми соціотехнічного проектування на прикладі містобудівного, ергономічного проектування, дизайну систем (художнього конструювання) і оргпроективання.

У містобудівному проектуванні особливо гостро стоїть проблема впровадження, з якою тісно пов'язана розробка ідей "перманентного проектування", коли окремі стадії реалізації проектів уточнюються на основі досвіду функціонування вже виконаних на попередніх стадіях блоків проектованої системи. У зв'язку з цим виникає складна проблема організації та реорганізації самої проектної діяльності, процесу (точніше, циклу) проектування. Цю функцію виконує методологія проектування (оскільки Соціотехніческая діяльність змушена орієнтуватися на цілий комплекс наук, а не на яку-небудь одну соціальну і тим більше технічну дисципліну). Методологія проектування практично забезпечує зв'язок проектування з іншими сферами (наприклад, виробництвом і споживанням), враховуючи динаміку кожної з цих сфер. Проникнення конкретно-методологічних рекомендацій у канву проектувальної діяльності взагалі характерно для всіх видів соціотехнічного проектування. Продукт соціотехнічної діяльності - складну систему - не можна помацати як об'єкт дослідження класичної технічної науки або як штучне виріб, колишнє продуктом традиційної інженерної діяльності. У містобудівному проектуванні життєвий простір району чи кварталу, людські потоки та розміщення елементів побутового обслуговування залишаються поза полем зору замовника у момент здачі об'єкта в експлуатацію. Перед ним постає лише сукупність будівель, асфальтованих доріг і зелених насаджень, і весь цей комплекс повинен відповідати більш-менш чітким технічним і естетичним вимогам. Однак це не означає, що останні вимоги існують у реальності, а перші - ні. Навпаки, недоліки авторів проекту самим безпосереднім чином відчуються жителями, впливають на їх працездатність і самопочуття. Але тут вступають в силу соціальні та психологічні реалії, не реєструються з точки зору традиційної інженерної позиції, яка була заснована лише на природничо-наукових знаннях і уявленнях. Саме тому представники сучасних науково-технічних дисциплін шукають опору в загальній методології, насамперед у системному підході, з якого вони черпають основні поняття і уявлення. Однак найчастіше інженерно-технічні фахівці не знаходять готових інтелектуальних засобів у досить розробленому (для вирішення поставлених перед ним конкретних науково-технічних завдань) вигляді і самі змушені ставати методологами певного (конкретно-наукового) рівня, добудовуючи відсутні теоретичні схеми своєї дисципліни.

В даний час у так званому *художньому конструюванні* визначилося чітке протиставлення "штучного дизайну" (проектування одиничних промислових виробів) і *дизайну систем*. Дизайн не повинен лише доповнювати інженерне конструювання. Він є більш розвиненою формою проектування. Особливістю дизайну систем є чітке усвідомлення його зв'язку з попередньої художньої культурою. Дизайнер часто звертається за пошуком образів, потрібних зразків, концептуальних схем до культурної спадщини людства. Наприклад, в контексті дизайну систем досліджується генезис типологічних форм культурної програми, переосмислення класицизму і романтизму не стільки як історичних явищ, скільки як фундаментальних типів і моделей художньої свідомості, які програмують підходи і творчі методи в дизайні систем. Дизайн, сам будучи органічною частиною сучасної культури, особливо рельєфно підкреслює її проектність, яка проявляється насамперед у тому, що наявність нереалізованих проектів не менш важливо для соціуму, що вже реалізованих.

Дизайнер виконує відразу кілька професійних ролей. Він, по-перше, виступає як дослідник і тоді діє у відповідності з нормами науково-теоретичної діяльності. По-друге, йому доводиться виконувати функції інженера-проектувальника та методиста, розглядати продукт своєї діяльності як особливого роду проект. По-третє, він - художник, що успадковує і естетично перетворює всі досягнення попередньої художньої культури з метою створення нового твору мистецтва. Однак він змушений також, не ототожнюючи себе повністю з усіма перерахованими ролями, усвідомити себе як дизайнера в рамках цілком певного професійного співтовариства. Він повинен представляти об'єкт і процес власної діяльності як єдине ціле - єдину систему і цілісну діяльність, як дизайн систем. Ця багатолікість, і в той же час єдність, професійних ролей привчає його мислення до внутрішньої діалогічності і рефлексії, до необхідності постійно подумки запозичувати в учасників кооперації їх позиції і відновлювати їх логіку, руйнує традиційну для класичної природничої та технічної науки монологічність і монотеоретичність, стирає грані між дослідженням і проектуванням, власне отриманням знань та їх використанням, між знанням і діяльністю. В одних випадках дизайнер виконує лише допоміжні функції оформлювача в групі проектувальників, в інших він грає провідну роль, контролюючи всі параметри проектованої речі, але нерідко він виконує щось середнє між цими двома типами діяльності, координуючи фахівців-проектувальників. Крім того, в сферу проектування потрапляє і організація процесу проектування. Головне своєрідність дизайну систем у порівнянні з дизайном речей полягає в тому, що сама організаційна ситуація стає предметом осмислення, моделювання та програмування, невід'ємною частиною об'єкта проектування.

На прикладі *ергономічного та інженерно-психологічного проектування* найбільш виразно видно, що тут здійснюється проектування саме людської діяльності (у людино-машинних системах). Це - комплексний вид діяльності, методологічною основою якої є системний підхід. Завданням

ергономіки є розробка методів обліку людських чинників при модернізації діючої техніки і створення нової технології, а також відповідних умов діяльності. Дуже близьким до ергономічного проектування і за генезисом, і стосовно об'єкта, і за структурою, і за методами є інженерно-психологічне проектування (вони різняться лише в дисциплінарному плані: останнє більш жорстко орієнтоване на психологію як на базову дисципліну). В інженерно-психологічному проектуванні спочатку людські фактори розглядалися лише поряд з машинними компонентами і навіть як підлегли їм. У цьому плані воно було спочатку лише частиною системотехнічного проектування. На сучасному етапі розвитку йдеться про проектування людської діяльності, в яку включені машинні кошти. В даний час в інженерно-психологічному проектуванні можна виділити три основні установки: системотехнічних, інженерно-психологічну та соціотехнічних. У першому випадку суто технічний підхід превалює над гуманітарним. Згідно системотехнічну точку зору, машинне функціонування, індивідуальна діяльність людини та діяльність колективу людей можуть бути адекватно описані за допомогою одних і тих же схем і методів, які створювалися для опису функціонування машини. Прихильники цієї точки зору мислять інженерно-психологічне проектування як складову частину системотехнічного проектування, а проект діяльності оператора для них, як правило, повністю вичерпується алгоритмом його роботи, лише з вказівкою на специфіку людського компонента. У соціотехнічному проектуванні об'єктом проектування стає колективна людська діяльність, тому воно неминуче повинно орієнтуватися на соціальну проблематику як на визначальну. Об'єктна ж область інженерно-психологічного проектування обмежується індивідуальними аспектами діяльності. Таким чином, інженерно-психологічне проектування являє собою проміжний варіант між системотехнічним та соціотехнічним проектуванням.

Ергономічне ж проектування за самою своєю суттю є соціотехнічним, оскільки, поряд з психологією, фізіологією, анатомією, гігієною праці, в ньому велика увага приділяється соціальним, соціально-психологічним, економічним і іншим факторам. Якщо системотехніка орієнтована, в кінцевому рахунку, на максимально можливу і розумну автоматизацію людської діяльності як у плані об'єкта системотехніки (автоматизація функціонування складних систем), так і самої системотехнічної діяльності (автоматизація проектування і конструювання), то в ергономіці такий підхід неприйнятний принципово. Ергономіка аналізує специфічні риси діяльності складної людино-машинної системи, а технічні засоби розглядаються як включені в неї. І якщо в системотехніці з певною поправкою можна все ж вважати алгоритмічний опис діяльності задовільним, то з точки зору ергономіки, такий опис просто не працює (є занадто грубим і приблизним). Тому ергономічне опис фіксується у вигляді особливих концептуальних схем діяльності, які формуються, з одного боку, на основі систематизації методичної роботи (прецеденти), а з іншого - на базі конкретизації уявлень діяльності, розвинених в системному підході.

Оргпроекування пов'язано насамперед з удосконаленням, розвитком, перебудовою організаційних систем управління, проектуванням організацій, організаційних систем управління, побудовою структур управління організаціями, з проектуванням нових структурних форм організацій тощо. Воно нерозривно пов'язане з системним аналізом як засобом раціоналізації управлінської діяльності. Навіть традиційні роботи з наукової організації праці усвідомлюються сьогодні як оргпроекування. Одним із сучасних напрямів останнього є також проектування організаційних нововведень. Методи оргпроекування вторгаються і в сферу системотехнічну діяльності. По-перше, об'єктом проектування стають самі проектні організації: оргпроекування проектних організацій, вибір структури проекту тощо, по-друге, проектування складних людино-машинних систем, перш за все автоматизованих систем управління економікою, все частіше усвідомлюється як оргпроекування, тобто проектування, точніше, реорганізація всієї управлінської діяльності (системи управління в цілому), де велике значення має не стільки проектування, скільки впровадження, підведення існуючої системи управління під проект.

З наведених прикладів видно, що соціотехнічне проектування істотно відрізняється не тільки від традиційної інженерної, але і системотехнічну діяльності. І хоча остання також спрямована на проектування людино-машинних систем, системотехнічне проектування є більш формалізованим і чітко орієнтованим головним чином на сферу виробництва. Соціотехнічне ж проектування виходить за межі традиційної схеми "наука-інженерія-виробництво" і замикається на найрізноманітніші види соціальної практики (наприклад, на навчання, обслуговування і т.д.), де класична інженерна установка перестає діяти, а іноді має і негативне значення. Все це веде до зміни самого змісту проектної діяльності, яке прориває які стали для нього вузькими рамки інженерної діяльності і стає самостійною сферою сучасної культури.

Социотехническая установка сучасного проектування впливає на всі сфери інженерної діяльності та всю техносферу. Це виражається насамперед у визнанні необхідності соціальної, екологічної (і аналогічних) оцінки техніки, в усвідомленні величезної ступеня соціальної відповідальності інженера і проектувальника.

Література: [16], с. 167-184, с. 233-258.

ЛЕКЦІЯ №8

ТЕМА 8. НЕОБХІДНІСТЬ СОЦІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІКИ

Питання лекції

1. Необхідність соціальної оцінки техніки

1.Необхідність соціальної оцінки техніки

Цілі сучасної інженерної діяльності та її наслідки

Інженер зобов'язаний прислухатися не тільки до голосу вчених і технічних фахівців і голосу власного сумління, а й до громадської думки, особливо якщо результати його роботи можуть вплинути на здоров'я і спосіб життя людей, торкнутися пам'ятники культури, порушити рівновагу природного середовища і т.д. Коли вплив інженерної діяльності стає глобальним, її рішення перестають бути вузько професійною справою, стають предметом загального обговорення, а іноді й осуду. І хоча науково-технічна розробка залишається справою фахівців, прийняття рішення щодо такого роду проектів - прерогатива суспільства. Ніякі посилення на економічну, технічну та навіть державну доцільність не можуть виправдати соціального, морального, психологічного, екологічного збитку, який може бути наслідком реалізації деяких проектів. Їх відкрите обговорення, роз'яснення переваг та недоліків, конструктивна і об'єктивна критика в широкому друці, соціальна експертиза, висування альтернативних проектів і планів стають найважливішим атрибутом сучасного життя, неминучою умовою і наслідком її демократизації.

Початкова мета інженерної діяльності - служити людині, задоволенню його потреб і потреб. Проте сучасна техніка часто вживається на шкоду людині і навіть людству в цілому. Це відноситься не тільки до використання техніки для цілеспрямованого знищення людей, але також до повсякденної експлуатації інженерно-технічних пристроїв. Якщо інженер і проектувальник не передбачили того, що, поряд з точними економічними і чіткими технічними вимогами експлуатації, повинні бути дотримані також і вимоги безпечного, безшумного, зручного, екологічного застосування інженерних пристроїв, то із засобу служіння людям техніка може стати ворожою людині і навіть піддати небезпеки саме його існування на Землі. Ця особливість сучасної ситуації висуває на перший план проблему етики та соціальної відповідальності інженера і проектувальника перед суспільством та окремими людьми.

Проблеми негативних соціальних та інших наслідків техніки, проблеми етичного самовизначення інженера виникли з самого моменту появи інженерної професії. Леонардо да Вінчі, наприклад, був стурбований можливим небажаним характером свого винаходу і не захотів оприлюднити ідею апарату

підводногоплавання - "через злий природи людини, який міг би використовувати його для здійснення вбивств на дні морському шляхом затоплення суден разом з усім екіпажем". Ще раніше - в XV столітті - люди вже були стурбовані тим, які соціальні проблеми принесе з собою нова техніка. Наприклад, в акті Кельнської міської ради (1412 р.) було записано таке: "До нас з'явився Вальтер Кезінгер, який пропонував побудувати колесо для прядіння і крутіння шовку. Але порадившись і подумавшись рада знайшла, що багато хто в нашому місті, які годуються цим ремеслом, загинуть тоді. Тому було ухвалено, що не треба будувати і ставити колесо ні тепер, ні коли-небудь згодом". Звичайно, подібні рішення гальмували технічний і економічний прогрес, приходили в протиріччя з вимогами народжуваної ринкової економічної системи. Однак сьогодні людство знаходиться в принципово новій ситуації, коли неухвага до проблем наслідків впровадження нової техніки і технології може призвести до незворотних негативних результатів для всієї цивілізації і земної біосфери. Крім того, ми знаходимося на тій стадії науково-технічного розвитку, коли такі наслідки можливо і необхідно, хоча б частково, передбачити та мінімізувати вже на ранніх стадіях розробки нової техніки. Перед обличчям цілком реальної екологічної катастрофи, яка може бути результатом технологічної діяльності людства, необхідне переосмислення самого уявлення про науково-технічне і соціально-економічний прогрес. Проте в даному розділі ми хотіли б зупинитися на тих практичних зміни в структурі сучасної інженерної діяльності та соціальні механізми її функціонування, які, хоча б частково, дозволяють суспільству контролювати наслідки технічних проєктів у доступному для огляду майбутньому.

Оцінка сучасного науково-технічного прогресу: конструктивні рішення

Такі наслідки розвитку атомної енергетики, як наслідки чорнобильської катастрофи, не завжди можливо передбачити. Але необхідно, хоча б намагатися це зробити по відношенню до нових проєктів, проводити відповідні дослідження, вислуховувати думки опозиціонерів ще до прийняття остаточного рішення, створити правові механізми, що регулюють усі ці питання. У розвинених західних країнах це пов'язано з так званої "оцінкою техніки". Розглянемо ці проблеми на прикладі США і ФРН, мабуть, найбільш передовими в розробці цих питань.

У 1966 році підкомісія Конгресу *Сполучених Штатів Америки* з науки, дослідження і розвитку підготувала доповідь про безпосередніх та побічних наслідках технологічних інновацій. У 1967 р. голова цієї підкомісії представив проєкт закону про створення "Ради з оцінки техніки". Метою Ради було стимулювати дискусію з цієї важливої проблематики і інституалізувати її у вищому законодавчому органі держави. Після численних дискусій, консультацій, критики різних варіантів законопроєкту 13 вересня 1972 президент США підписав закон про оцінку техніки (Technology Assessment Act). Закон, зокрема, передбачав створення Бюро з оцінки техніки (Office of Technology Assessment - ОТА) при Конгресі США, завданням якого стало

забезпечення сенаторів і конгресменів об'єктивною інформацією в даній області. Одночасно в самому Конгресі була створена Рада з оцінки техніки (Technology Assesment Board - TAB), до складу якої увійшли 6 конгресменів і 6 названих президентом сенаторів, причому з явним наміром створити незалежний від виконавчої влади орган. Поряд з ним закон передбачав створення Дорадчої ради по оцінці техніки (Technology Assessment Council), в який увійшли десять представників громадськості, названих TAB, і який виконує консультативні функції. Закон 1972 року був такий: "Головним завданням Бюро має стати вироблення на ранніх етапах вказівок на можливі позитивні чи негативні наслідки технічних застосувань, а також збір і забезпечення подальшої інформації, яка могла б підтримати Конгрес у генерації та координації рішень. У процесі вирішення цього завдання Бюро має: (1) ідентифікувати мають місце або передбачувані сліdstва техніки або технологічних програм; (2) встановлювати, наскільки це можливо, причинно-наслідкові відносини, (3) показати альтернативні технічні методи для реалізації специфічних програм; (4) показати альтернативні програми для досягнення необхідних цілей; (5) взятися за оцінку і порівняння наслідків альтернативних методів і програм; (6) представити результати закінченого аналізу відповідальним органам законодавчої влади; (7) вказати області, в яких потрібно додаткове дослідження або збір даних, щоб надати достатню підтримку для оцінки того, що позначено в пунктах з (1) по (5) даного підрозділу, і (8) здійснювати додаткові споріднені види діяльності, які визначаються відповідальними органами обох палат Конгресу.

Бюро з оцінки техніки управляється Радою з оцінки техніки Конгресу і підрозділяється на три оперативних відділу, кожен з яких курирує виконання трьох центральних програм:

1. відділ енергетики, ресурсів та інтернаціональної безпеки, включає такі програми, як "енергетика і ресурси"; "промисловість, технологія і зайнятість"; "міжнародна безпека і торгівля";

2. відділ охорони здоров'я і наук про життя, що включає такі програми, як "харчові продукти і відновлювані ресурси"; "охорона здоров'я"; "прикладна біологія";

3. відділ природознавства, інформації та відновлюваних ресурсів, що включає такі програми, як "інформаційні та комунікаційні технології"; "океан і довкілля"; "природознавство, виховання і транспорт".

У якості однієї з основних конструктивних завдань ОТА формулюється завдання "раннє попередження негативних наслідків техніки".

У Німецькому Бундестазі аналогічна комісія (Enquete-Komission "Technikfolgenabschdtzung") для оцінки наслідків техніки та створення рамкових умов технічного розвитку була створена в 1986 р. з акцентом на обговорення

проблем охорони навколишнього середовища. Пізніше на основі парламентської Постанови від 16.11. 1989 р. було створено Бюро з оцінки наслідків техніки Німецького Бундестагу - на базі відділу прикладного системного аналізу Центру ядерних досліджень Карлсруе, в якому працює міждисциплінарна група вчених - представників природничих, суспільних і технічних наук. Завдання Бюро, зокрема, полягає в поліпшенні інформаційної підтримки прийнятих рішень та інтенсифікації взаємодії між парламентом, наукою та громадськими групами. Найбільший інтерес для нас представляють ініціативи Союзу німецьких інженерів (ССМ), що прийняв в 1991 р. директиви "Оцінка техніки: поняття і підстави". Остання демонструє ще один важливий шлях впливу на підвищення почуття соціальної відповідальності інженерів. Цікаво, що ініціатива виходила з боку самого інженерного співтовариства. Директиви адресовані інженерам, науковцям, проектувальникам і менеджерам, тобто людям, які створюють і визначають нове технічне розв'язання. Мета цього документа - сприяти загальному розумінню понять, методів та областей оцінки сучасної техніки. Якщо техніка як сукупність артефактів і може бути кваліфікована як етично нейтральна, то в директивах ССМ пропонується розширене розуміння техніки:

- Як безлічі орієнтованих на користь, штучних, предметних формацій (артефактів або предметних систем);
- Як безлічі людських діяльностей та напрямків, в яких ці предметні системи виникають;
- Як безлічі людських діяльностей, в яких ці предметні системи використовуються.

Директиви, таким чином, припускають, що технічна діяльність завжди містить як необхідну компоненту оцінку техніки і не все, що технічно можливо, має бути обов'язково створено. Таким чином, відповідно до знову сформульованій теорії оцінки технічної діяльності, техніка не є ціннісно нейтральною і повинна задовольняти цілий ряд ціннісних вимог - не тільки технічної функціональності, але і критеріям економічності, поліпшення життєвого рівня, безпеки, здоров'я людей, якості навколишнього природного і соціального середовища, т.п. Нарешті, в директивах ССМ дається таке визначення оцінці техніки:

"Оцінка техніки означає планомірне, систематичне, організоване заход, який аналізує стан техніки і можливості її розвитку; оцінює безпосередні та опосередковані технічні, господарські, в плані здоров'я, екологічні, гуманні, соціальні та інші наслідки цієї техніки і можливі альтернативи; висловлює судження на основі визначених цілей і цінностей або вимагає подальших задовольняють цим цінностям розробок; виробляє для цього діяльні і творчі можливості, щоб могли бути створені умови для прийняття обґрунтованих рішень і в разі їх прийняття відповідними інститутами для реалізації".

Таким чином, *оцінка техніки* стає сьогодні складовою частиною інженерної діяльності. Мабуть, слід було б говорити про соціальну оцінку техніки, але в такому випадку не фіксуються такі важливі аспекти, як наприклад, екологічний. Іноді *оцінку техніки* називають також соціально-гуманітарною (соціально-економічної, соціально-екологічної тощо) *експертизою технічних проектів*. Оцінка техніки, або оцінка наслідків техніки, є міждисциплінарною завданням і вимагає, безсумнівно, підготовки фахівців широкого профілю, що володіють не тільки науково-технічними та природничими, а й соціально-гуманітарними знаннями. Однак це не означає, що відповідальність окремого рядового інженера при цьому зменшується - навпаки, колективна діяльність повинна поєднуватися з індивідуальною відповідальністю. А така відповідальність означає необхідність розвитку самосвідомості всіх інженерів в плані усвідомлення необхідності соціальної, екологічної тощо оцінки техніки.

Ще на початку нашого століття російський інженер і філософ техніки П. К. Енгельмейер писав: "Інженери часто і справедливо скаржаться на те, що інші сфери не хочуть визнавати за ними щось важливе значення, яке має по праву належати інженеру ... Але чи готові самі інженери для такої роботи? .. інженери по недоліку загального розумового розвитку, самі нічого не знають і знати не хочуть про культурне значення своєї професії і вважають за марнування часу міркування про ці речі ... Звідси виникає завдання перед самими інженерами: усередині власної середовища підвищити розумовий розвиток і перейнятися на підставі історичних і соціологічних даних всією важливістю своєї професії в сучасній державі" [16]. Ці слова не втратили актуальності і сьогодні.

Література: [16], с. 367-370, с. 383-388.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
ЛЕКЦІЯ 1. Сучасні методи проектування.....	4
ЛЕКЦІЯ 2. Етапи проектування при розробці нових машин та модернізації діючого обладнання.....	16
ЛЕКЦІЯ 3. Характеристики проекту. Етапи виконання проектів.....	19
ЛЕКЦІЯ 4. Шляхи удосконалення процесу проектування	24
ЛЕКЦІЯ 5. Етапи нововведень.....	28
ЛЕКЦІЯ 6. Системний аналіз машин	32
ЛЕКЦІЯ 7. Сучасний етап розвитку інженерної діяльності і проектування.....	37
ЛЕКЦІЯ 8. Необхідність соціальної оцінки техніки	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	65

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основы методологии проектирования машин. Черков Л.Б. Изд-во "Машиностроения", М.; 1988, с. 152.
2. Технологическое прогнозирование. Дж. Мартино, Изд-во "Прогресс". М. 1977. с. 579.
3. Щербина В. Ю. Курс лекцій «Методологія проектування». - К.: Видавництво "ЕКМО", 2010. – 168с.: іл. 19.
4. В.Ю. Щербина, С.М.Чернега, Ю.М.Саміленко, С.В.Лелека. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму ПО КУРСУ «Методологія проектування» Розділ: Вибір перспективних проектних рішень. Електронний посібник. 2010. – 60с.: іл. 21.с
5. В.Ю. Щербина, С.М.Чернега, Ю.М.Саміленко, С.В.Лелека. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму ПО КУРСУ «Методологія проектування» Розділ: «Оформлення робочої та конструкторської документації» Електронний посібник. 2010. – 70с.: іл. 31.
6. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. Семенов О.И. Изд-во "Высшая школа", Минск, 1986, с. 350.
7. Становление и сущность системного подхода. Бладберг И.В., Юдин Э.Г. Изд-во "Наука", М., 1973, с. 267.
8. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості: Навч. посіб. / О.С.Сахаров, В.Ю.Щербина, О.В. Гондляр, В.І. Сівецький. – К.: ТОВ "Поліграф Консалтинг", 2006. – 156с.: іл.
9. Методология проектирования оптических приборов: учеб.пособие / А.А. Шехонин, В. М. Домненко, О. А. Гаврилина – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2006. – 91 с.
10. Всё об Internet./ Крол Эд.-Киев.-Торгово-изд. бюро ВHV.-1995г.– 100 с.
11. Поиск и навигация в Internet /Павел Храмцов <http://www.osp.ru/cw/1996/20/31.htm>
12. Эти неслучайные "случайные" открытия / А. Кынин <http://www.metodolog.ru/01200/01200.html#2>
13. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. – М.: Радио и связь, 1983.
14. Виды научных открытий <http://vif2ne.ru/nvz/forum/archive/163/163811.htm>
15. Джонс Дж. К. Методы проектирования // Пер. с англ. - 2-е изд. доп. - М.: Мир, 1986. - 326 с.
16. Стёпин, В.С. Философия науки и техники: Учебник / В.С. Стёпин, В.Г. Горохов, М.А. Розов. — М.: Гардарики, 1996.- 400 с.