

УДК 378.4

В. Ю. Шевцов

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

## **ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ І КОНСТРУЮВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**В роботі розглянуті найбільш важливі принципи оптимального проектування та раціонального конструювання, а також закони еволюції складних технічних систем і об'єктів із врахуванням психології творчості проєктанта і конструктора.**

**Ключові слова:** *техніка, конструювання, проектування, принципи, структура, працездатність, надійність, життєзабезпечення, кореляція, закони будови, психологія, творчість.*

**В работе рассмотрены наиболее важные принципы оптимального проектирования и рационального конструирования, а также законы эволюции сложных технических систем и объектов с учетом психологии творчества проєктанта и конструктора.**

**Ключевые слова:** *техника, конструирование, проектирование, принципы, структура, работоспособность, надежность, жизнеобеспечения, корреляция, законы строения, психология, творчество.*

**The work deals with the most important principles of optimal design and rational design, as well as the laws of evolution of complex technical systems and objects, taking into account the psychology of creativity of the designer and designer.**

**Keywords:** *engineering, design, designing, principles, structure, efficiency, reliability, life support, correlation, laws of structure, psychology, creativity.*

**Вступ.** Якість проектування і конструювання яких завгодно об'єктів багато в чому залежить від досвіду проєктанта-конструктора та інформаційно-технологічних засобів, якими він користується. Але, найчастіше, проєктант-конструктор користується не стільки кращими технологіями розробки нових об'єктів, скільки копіюванням, модифікацією і екстрополяцією уже існуючих технологій. В той же час, на сьогодні, існує і затосовується значна кількість базових принципів проектування і конструювання. До останніх належать і так звані принципи оптимального (іноді їх називають раціонального) проектування і конструювання. Розглянемо деякі з тих, що використовуються, а також ті, на які необхідно звертати увагу при проектуванні складних технічних систем.

### **Принципи раціонального проектування і конструювання.**

1. Об'єкт, чи система, що проєктується, має відповідати структурі зовнішнього середовища. По відношенню до суспільства це їх відповідність інформаційно-технологічному середовищу, рівню кваліфікації проєктантів,

технологів і обслуговуючого персоналу, наявність можливостей розробки, виробництва і експлуатації відповідно умовам функціонування. При цьому необхідно врахувати рівень складності системи, гармонійній її відповідності зовнішнім чинникам, а також часу перебудови системи при зміні умов або задачі функціонування.

Процес вивчення побудований на загальноприйнятих принципах, формах, структурі, логічній організації, методах та засобах реалізації мети підготовки бакалаврів. Види робіт при вивченні дисципліни такі: аудиторні - лекції, лабораторно-практичні заняття, наукові семінари; самостійні – розрахунково-графічні роботи, самопідготовка. При самостійному вивченні розділів, повторенні лекційного матеріалу, підготовці до лабораторних і практичних занять, а також при поточному контролі студенти використовують навчальні посібники кафедри підручники, монографії інших авторів [1-10].

2. Ентропія системи (а відповідно і життєздатність) мінімальна при мінімумі перехідних процесів в системі. З метою зменшення кількості перехідних процесів і їх впливу на час функціонування бажано:

- знизити потоки робочого тіла, енергії і інформації;
- використовувати однорідні і ізотропні зв'язки, бажано одної фізичної природи;
- на вхідних і вихідних потоках енергії і речовини передбачити накопичувачі енергії та демпфери перехідних процесів.

3. Функції системи мають бути оптимально розподілені між її конструкціями. Для цього необхідно звернути увагу на мінімізацію функції їх поєднання в одній конструкції (багатофункціональність), а також на важливість тої чи іншої функції в схемі роботи системи. При цьому набувають значення питання:

- скільки і яких функцій можна віднести до тої чи іншої конструкції, з тим, щоб використовуючи її можливості покращити умови функціонування;
- які функції залишити в системі, а які винести назовні (або відокремити взагалі);
- як розділити систему на підсистеми по рівнях будови за показниками максимальної надійності і ефективності, модульності і незалежності підсистем та вибору відповідного коефіцієнта розгалуження по рівнях будови.

4. Кожна система має передбачувати механізм відновлення працездатності. В складних системах необхідно передбачити:

- механізм виносу поломок назовні і постановки працездатних елементів на місце тих, що вийшли з ладу;
- в самій системі (або зовні) запас необхідних елементів для заміщення;
- зв'язки в системі мають забезпечувати достатню рухомість елементів конструкції при відновленні працездатності.

5. Складна система повинна мати систему керування, відповідну її стійкості в межах функціонування. Для реалізації задач керування необхідно мати два блоки (дві підсистеми) інформаційного забезпечення системи керування. Набір стандартних модулів-матриць на функціонування систем і

набір модуль-матриць на виконання задачі. Особливостями будови складної системи є наявність (якщо не має – передбачити):

- годинника (камертона, ведучої скрипки), резонатора системи;
- ієрархії керування; співрозмірності швидкостей; часу подачі сигналів керування та їх порогових значень;
- наявність механізму зворотного зв'язку.

6.Кожна система повинна мати поверхню розділу з зовнішнім середовищем по всіх параметрах, що можуть впливати на її працездатність (геометричні поверхні, поверхні поділу функцій, площини розмежування, мембрани та тому подібне). При цьому поверхні можуть бути непроникними і частково проникними для різних потоків і елементів. Розміри і масштаби системи мають бути оптимізовані під функції системи і умови виконання задачі (кілька малих систем можуть вирішити задачу одної великої і навпаки).

7.Час існування системи має відповідати часу виконання поставленої задачі. Якщо час існування буде меншим – зростають затрати на ремонт, або на побудову іншої системи; якщо більшим – не раціональні затрати з самого початку. Забезпечення необхідного часу підпорядковується низці питань:

- забезпечення оптимальної якості в необхідний момент;
- забезпечення необхідного рівня надійності елементів і зв'язків між ними;
- оптимізації співвідношення між параметрами функціонування і параметрами зовнішнього середовища;
- досягнення оптимальної якості в необхідний момент;
- досягнення оптимумів підсистем в послідовності алгоритмів функціонування.

8.Якщо в системі використовуються підсистеми, що побудовані на різних за фізичною природою елементах, зв'язках і потоках, бажано викликати їх вплив одна на одну. При цьому слід звернути увагу на те що:

- механічні підсистеми можуть бути статичними і динамічними;
- енергетичні підсистеми можуть будуватись на незмінних і змінних в часі потоках енергії;
- інформаційні підсистеми можуть працювати на власній, внутрішній інформації і на потоках ззовні;
- всі підсистеми мають бути гармонізовані в просторі і часі.

9.Система повинна мати, як загальний так і поелементний показник надійності одного значення, що забезпечується:

- елементами одного рівня надійності;
- зв'язками одного рівня надійності;
- оптимальною архітектурою системи і оптимальним розподілом функцій.

10.В залежності від призначення складної системи в її склад мають входити необхідні системи життєзабезпечення:

- система енергетичного забезпечення ;
- система забезпечення робочим тілом і компонентами його переробки;

- система доставки необхідних компонент функціонування до місця призначення (транспортні системи);
- системи збору і обробки необхідної інформації та зв'язку з зовнішнім світом;
- імунна система, або система захисних функцій;
- система відновлення працездатності і регулювання параметрів (регенерація, вирощування та т.п.).

11. Будова системи має оптимальним чином відповідати цільовій функції призначення системи. В залежності від середовища функціонування і від цільової функції проектування (мінімальна собівартість, максимальна надійність, мінімальна маса, максимальний результат, заданий рівень якості і т.п.) вибираються системи життєзабезпечення системи і їх показники, матеріали і конструкції, область застосування. Як результат компромісу між наявними ресурсами і задачами системи, спроектований об'єкт є лише наближенням до ідеального варіанту. Задача проектанта полягає в максимальному наближенні спроектованого об'єкта (системи) до ідеального варіанту. Розглянутий принцип є одночасно і законом відповідності задуму і результатів.

Перераховані принципи є системними, але не єдиними і приведені в якості зразка для розбудови технологій проектування, так само, як і приведені нижче принципи раціонального конструювання:

1. Використовуй оптимальні види навантаження. Краще всього конструкція працює на розтягування.

2. Матеріал конструкції має задовольняти умовам експлуатації, мати найкращу питому міцність, бути доступним, технологічним, дешевим.

3. Конструкція в усіх точках повинна бути рівнонапруженою, працювати за значеннями робочих напружень близькими до руйнівних.

4. Сили (навантаження взагалі) необхідно передавати найкоротшими шляхами, а геометрія елементів конструкції має відповідати геометрії силових (як і інших) потоків.

5. Конструкція має набувати оптимальних властивостей в період функціонування (метод попереднього навантаження, тренування, попереднього пристосування).

6. Конструкція повинна мати мінімум рухомих деталей і елементів загальної зборки.

7. В кожній конструкції бажано поєднати максимум можливих функцій з акцентом на взаємонейтралізацію силових потоків і наслідків функціонування.

8. Якщо кілька деталей можна виготовити в якості єдиної, це необхідно зробити, не забуваючи про надійність, працездатність, ремонтпридатність.

9. Конструкції не повинні нести загрозу життєдіяльності людини, „бути стійкими” до зовнішніх впливів і не змінювати властивості з часом.

10. При конструюванні слід використовувати метод трьох точок як елемент стійкості і жорсткості (наприклад трикутники в будові ферм).

11. При конструюванні необхідно використовувати загальну розмірну базу, всі розміри елементів конструкції мають відноситись як цілі числа, так само як і співвідношення між періодами функціонування.

12. По можливості необхідно виключити ударні навантаження (і динамічні взагалі), так само як і перехідні процеси. Постійність рівня навантажень – гарантія стабільності.

13. При проектуванні конструкції органу виконання поставленої задачі необхідно враховувати характер його взаємодії з предметом праці (в точці, по лінії, по поверхні, об'ємну).

14. Конструкція, що проектується, має відповідати принципам технологічності, а саме:

- враховувати можливості її виробництва;
- оптимальної організації виробництва;
- оптимальному складу виконавців задачі і ресурсного забезпечення процесу виробництва;
- оптимізації інтересів виробника і споживача;
- мінімізації недостатнього і максималізації достатнього.

Перераховані принципи проектування – конструювання можуть бути доповнені іншими, можуть змінюватись із часом, а тому мають розглядатись перш за все, як основа для подальшого розвитку творчої думки.

Розвиток кожної складної системи підкоряється обмеженій кількості принципів та законів. До складу принципів і законів будови і розвитку технічних систем слід віднести наступні:

1. Закон кореляції параметрів однорідного ряду технічних об'єктів. Під однорідними об'єктами розуміють такі, що мають однакове призначення, подібні функції і структури, умови роботи і відрізняються лише значеннями головного параметру. Для однорідного ряду технічних об'єктів параметри  $x_j$  їх елементів пов'язані з головним параметром  $y_i$  функціональними залежностями виду:

$$y_i = a_i \cdot x_j^{v_i} + b_i, \quad i=1,2\dots n, \quad j=1,2\dots k,$$

де  $a_i, v_i, b_i$  – статистичні коефіцієнти.

2. Закон гомологічних рядів: технічні об'єкти з близькими функціями і принципами будови мають частково співпадаючі набори варійованих конструктивних ознак, що приймають однакові значення.

3. Закон симетрії технічних об'єктів: симетрія середовища, що породжує об'єкти, накладається на симетрію цього об'єкту. При цьому геометрія об'єкту зберігає лише ті елементи власної симетрії, які співпадають з накладеними на нього елементами симетрії середовища (принцип П. Кюрі). Іншими словами, технічний об'єкт, що знаходиться під впливом потоків речовини, енергії і інформації, має визначальний тип симетрії, обумовлений комбінацією і характером цих потоків.

Для основних типів симетрії даний закон може бути сформульований наступним чином:

а) закон двосторонньої симетрії: технічний об'єкт, що знаходиться під впливом різнонаправлених під кутом один до одного потоків середовища має площину симетрії паралельну напрямку дії потоків (симетрія типу (m); наприклад, у літака);

б) закон осьової симетрії:

- технічний об'єкт, що знаходиться під впливом однонаправленого потоку має вісь симетрії паралельну вектору дії потоку (симетрія типу (n), наприклад, гребного гвинта);

- технічний об'єкт, що знаходиться під суттєвим впливом сили тяжіння і плоско паралельної дії середовища має симетрію (n·m) з вертикальною віссю симетрії;

- технологічний об'єкт, що знаходиться під рівновірогідним впливом потоків з якого завгодно напрямку має симетрію (n), або (n·m), (n:m), (m·n:m) з віссю перпендикулярною дії середовища (n:m), (симетрія типу анемометра).

При проектуванні необхідно також пам'ятати, що основою якої-завгодно енергодинамічної пари є асиметрія структури системи. Повністю симетрична система нейтральна і не може утворити необхідну дієву різницю потенціалів.

4. Закон мінливості: кожна наступна модифікація технічного об'єкту має відрізнитися за своїми параметрами, функціями, можливостями, пристосованістю не менше ніж на (20-25)% від попереднього зразка (на значення коефіцієнту стохастичності, варіабельності, оптимального пошуку). Якщо внесених змін буде більше – зростає ризик невиконання поставленої задачі.

5. Закон оптимального різноманіття: для виконання однієї функції в різних умовах зовнішнього середовища технічний об'єкт має виконуватись в кількох основних базових модифікаціях. Кількість таких модифікацій має відповідати обґрунтованому значенню оптимальної різноманітності.

6. Закон Ле-Шательє (закон деградації, реології, мінливості структур і функцій): Система, що знаходиться під впливом зовнішніх потоків, змінюється в часі таким чином, щоб дія зовнішніх потоків на систему була мінімальною.

7. Закон еволюції технічних об'єктів: запити людства, що зростають за експоненціальним законом, забезпечуються експоненціальним зростанням кількості систем і об'єктів, що можуть задовольнити ці запити.

8. Принцип прозорості (необхідної проникливості): кожна система (і кожна структура) має забезпечувати необхідну енергопровідність до кожного її складового елемента (так само як і можливість заміни одних елементів іншими), та доступ необхідних потоків інформації до місця призначення.

9. Принцип Оккама: не слід примножувати сутності без необхідності. Ускладнення системи має обґрунтовуватись або зміною цільової функції, або зміною якості.

10. Принцип Гьоделя-Тарського (принцип повноти-неповноти): завжди знайдеться істина, яку засобами системи не можна ні спростувати, ні довести

формально логічними засобами. Завжди є рішення обумовлені не логікою будови системи, а зовнішніми факторами.

11. Принцип пристосування (принцип динамізації): система, що еволюціонує в змінному середовищі розпадається на дві частини: ядро і периферію. Ядро базується на консервативному стабільному факторі; периферія (змінна частина) - на оперативному впливаючому ззовні. При цьому стійкість системи підвищується. Співвідношення між стабільною і змінною частинами в залежності від динамізації системи коливається від значення золотого перетину  $\phi = 0,618$  до 4:1 (закон Парето в економіці).

12. Закон Мерфі (закон інерції): всякій зміні відповідає рівна їй протидія (куди б ти не їхав – це завжди вгору і проти вітру).

13. Принцип Короленко-Кюрі: ускладнення-спрощення системи відповідає ускладненню-спрощенню зовнішнього середовища.

14. Принцип компенсації: кожна зміна в зовнішньому середовищі компенсується відповідною зміною в структурі об'єкта, що знаходиться в даному середовищі.

15. Принцип еквівалентності: завжди існує альтернатива прийнятому рішенню (принцип подвійності в геометрії; множинності в біосфері: «хлібне» місце пустим не буває).

16. Принцип цементації системи: в незмінних умовах система стабілізується, цементується, втрачає здатність до пристосування і еволюції (це стосується не лише природних і технічних об'єктів, а й творчих колективів, свідомості проектанта).

17. Принцип ієрархії (принцип жорсткості, ефект диктату верхів над «низам» принцип моментів): дія (вплив) елемента системи залежить від місця елемента в ієрархії системи (можливості елемента множаться на «плече» взаємного розташування в ієрархії).

18. Принцип переходу: перехід системи з одного рівня організації на інший (з макро- на мікро- або на мегарівень) має супроводжуватись і зміною фізики функціонування.

19. Принцип фільтрації: система повинна мати будову, яка б виключала можливості впливу випадкових факторів на її функціонування (наявність імунної системи)

20. Принцип нерівномірності розвитку: кожна система переживає три стадії: пристосування до умов середовища, період стабільного функціонування і період руйнації (після вичерпання ресурсів, після виконання поставленої задачі). На кожній із цих стадій змінюється зміст другого початку енергодинаміки. На першій стадії діє принцип максимуму виробництва ентропії (затрат енергії на зміну структур), на другій – мінімуму виробництва ентропії, на третій – знову максимум.

При проектуванні конструкції необхідно також враховувати психологію творчості, а саме:

- мотивацію;
- віру в свої можливості;

- зацікавленість і емоційний стан;
- наполегливість і бажання долати перепони;
- віра в можливість рішення задачі;
- завжди існують альтернативні шляхи рішення;
- найкращий варіант рішення попереду.

Перешкодою в творчості є віра в незмінність законів, незмінність функцій, форм і структур; в незмінність їх складу і комплектності, в неможливість інших рішень, інших технологій, іншого застосування, іншої вимірності в просторі і часі.

Ефективність творчого рішення задач в значній мірі залежить також від наявності і застосування різних форм мислення: інтуїтивного, діалектичного, логічного, системного, асоціативного, художньо-композиційного. Те, що є гарним «інструментом» для рішення задач у «фотошопі», не годиться для рішення задач у «автокаді».

**Висновок.** Розглянутими вище базовими принципами проектування-конструювання технології проектування ніяким чином не обмежуються і не формалізуються, а тому їх необхідно вважати, перш за все, інформацією для допитливої думки на шляху створення дійсно ефективних технологій проектування і конструювання техніки і технічних систем не лише сучасності, а й майбутнього.

### Бібліографічні посилання

1. Дитрих Я. Проектирование и конструирование. – Из-во «Мир», - 1981, - 326с.
2. Шевцов В. Ю. Скарбниця. –«АРТ-ПРЕС», Дніпро. - 2005, -260С.

*Надійшла до редколегії 15.04.2019*