

**Міністерство освіти і науки України**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

**Кафедра «Будівельні, дорожні машини та будівництво»**

# **«Технічні основи створення машин»**

**Методичні вказівки**

**щодо виконання практичних занять та самостійної роботи з  
навчальної дисципліни**

**«Технічні основи створення машин»**

**для студентів спеціальності**

**G 11 «Машинобудування»**

Ухвалено на засіданні кафедри  
«Будівельні, дорожні машини та  
будівництво»

Протокол № 2 від 17.09.2025 р.

**Кропивницький  
2025 р**

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технічні основи створення машин» для студентів спеціальності G 11 «Машинобудування» всіх форм навчання / Укл.: В.В. Яцун, О.В. Горпинченко, В.В. Яцун. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. - с. 79

Укладачі:

Володимир Васильович Яцун – канд. техн. наук, професор,

Ольга Володимирівна Горпинченко – канд. екон. наук, доцент,

Володимир Володимирович Яцун – доктор. техн. наук, доцент,

Рецензент:

Шепеленко І.В. – доктор техн. наук, професор

## Вступ

Основна задача майбутнього конструктора заключається в створенні технічних пристроїв, які повністю відповідають потребам народного господарства, дають найбільший економічний ефект, конкурентоспроможні і мають високі техніко-економічні та експлуатаційні показники.

Головними показниками являються: висока продуктивність, економічність, міцність, надійність, невеликі маса і металоємність, габарити, енергоємність, обсяги і вартість ремонтних робіт, витрати на оплату праці операторів, високий технічний ресурс і ступінь автоматизації, простота та безпечність обслуговування, зручність керування, збирання і розбирання.

В конструкції машин потрібно дотримуватись вимог технічної естетики. Машини повинні мати красивий зовнішній вигляд, гарне оздоблення.

При проектуванні машини конструктор повинен намагатись всебічного збільшення її рентабельності і підвищення економічного ефекту за весь період роботи. Економічний ефект залежить від обширного комплексу технологічних, організаційно-виробничих і експлуатаційних факторів. В даних методичних вказівках до практичних занять розглянуті тільки ті способи підвищення економічності, які безпосередньо пов'язані з конструюванням і залежать від діяльності майбутнього конструктора.

Сучасні вимоги до підвищеної якості підготовки фахівців за рахунок інтенсифікації навчального процесу викликають у необхідність активних методів навчання, таких як, підсилення індивідуального підходу до розвитку творчих здібностей студентів, активізації самостійної роботи.

Важливу роль у вирішенні цих завдань відіграє навчальне практичне проектування, яке сприяє закріпленню і поглибленню теоретичних знань, творчій думці, допомагає здобувати навички вирішення інженерних задач.

## **Практичне заняття № 1**

### **Основи проєктування технічних пристроїв**

#### **Мета заняття:**

Ознайомити студентів з базовими підходами до проєктування технічних пристроїв: від постановки задачі до виконання базових розрахунків. Навчити студентів оцінювати навантаження на елементи конструкції та підбирати основні параметри для забезпечення міцності та надійності.

#### **Теоретичні відомості**

При створенні технічних пристроїв рекомендується притримуватися наступних правил:

- націлювати конструкторські задачі на збільшення економічного ефекту, який визначається в першу чергу корисною віддачею машини, її довговічність і вартість експлуатаційних витрат за весь термін використання машини;
- добиватися максимального підвищення корисної віддачі, збільшення продуктивності машин і об'єму операцій, що ними виконуються;
- добиватися всебічного зниження витрат на експлуатацію машин зменшенням енергоспоживання, вартості обслуговування і ремонту;
- максимально збільшувати ступінь автоматизації машин з метою підвищення продуктивності, покращення якості продукції і скорочення витрат на працю;
- всебічно збільшувати довговічність машин, як засіб підвищення фактичної чисельності машинного парку і їх сумарної корисної віддачі;
- упереджувати технічне старіння машин, забезпечуючи їх довгостроковість і передбачати резерви розвитку і послідовного удосконалення;
- закладати в машину передумови інтенсифікації використання в експлуатації підвищенням їх універсальності і надійності;

- передбачати можливість створення похідних машин з максимальним використанням конструктивних елементів базової машини;
- прагнути до скорочення числа типорозмірів машин, добиватися задоволення потреб народного господарства мінімальним числом моделей через раціональний вибір їх параметрів і підвищення експлуатаційної гнучкості;
- прагнути до задоволення потреб народного господарства мінімальним випуском машин шляхом збільшення корисної віддачі і довговічності машин;
- конструювати машини з розрахунком на безремонтну експлуатацію з повним усуненням капітальних ремонтів і з заміною відновлювальних ремонтів комплектацією машин з змінними вузлами;
- запобігати виконання поверхонь тертя безпосередньо на корпусі деталей; для полегшення ремонту поверхні тертя виконувати на окремих деталях, що легко замінюються;
- послідовно витримувати принцип агрегатності;
- конструювати вузли у вигляді незалежних агрегатів, які встановлюються на машину в зібраному вигляді;
- виключити підбір і підгонку деталей при складанні;
- забезпечити повну взаємозамінність деталей;
- виключити операції підгонки, регулювання деталей і вузлів по місцю;
- передбачати в конструкції фіксуючі елементи, які забезпечують правильне встановлення деталей і вузлів при збиранні;
- забезпечувати високу міцність деталей машин в цілому способами, які не вимагають збільшення маси (надання деталям раціональних форм з найкращим використанням матеріалу, застосування матеріалів підвищеної міцності, введення зміцнюючої обробки);
- приділяти особливу увагу підвищенню циклічної міцності деталей;
- надавати деталям раціональні по встановленій міцності форми;
- зменшувати концентрацію напруг;
- вводити стомлюючо-зміцнюючу обробку;

- в машини, вузли та механізми, які працюють при циклічних і динамічних навантаженнях, вводити пружні елементи, які пом'якшують удари і коливальні навантаження;

- надавати конструкціям високу жорсткість цілеспрямованими заходами, які не вимагають збільшення маси (застосування пустотілих і оболонкових конструкцій, блокування деформацій поперечними і діагональними зв'язками, раціональне розташування опор і вузлів жорсткості);

- всемірно збільшувати експлуатаційну надійність машин, добиваючись за можливістю повної безвідмовності їх дії;

- виготовляти машини невибагливими до догляду;

- скорочувати об'єм операцій обслуговування, встановлювати періодичне регулювання, виконувати механізми у вигляді само обслуговуючих агрегатів;

- попереджати можливість перенавантаження машин в експлуатації;

- вводити автоматичні регулятори, запобіжні і попереджуючі пристрої, які виключають можливість експлуатації машин на небезпечних режимах;

- усувати можливість руйнувань і аварій в результаті невмілого або недбалого відношення до машини;

- вводити блокування, які попереджують можливість неправильного маніпулювання органами управління;

- максимально автоматизувати управління машиною;

- виключати можливість неправильного складання деталей і вузлів, які потребують точної координації один відносно другого;

- вводити блокування, які допускають складання тільки в потрібному стані ;

- усувати періодичне змашування;

- забезпечувати безперервну автоматичну подачу мастильного матеріалу до з'єднань тертя;

- запобігати відкритих механізмів і передач;

- розміщати механізми в закриті корпуси, які попереджують проникнення бруду пилу і вологи на деталі і поверхні, тертя, а також дозволяють організувати безперервне змащування;
- забезпечити надійне страхування різьбових з'єднань від само відгвинчування;
- внутрішні сполучення фіксувати методами позитивного стопоріння (шплінти, відгинні шайби);
- попереджувати корозію деталей, особливо у машин, які працюють на відкритому повітрі або мають дотики з хімічно активними засобами, застосуванням стійких лакофарбних і гальванічних поверхонь і виготовленням деталей з корозійностійких матеріалів;
- зменшувати вартість виготовлення машин шляхом придання конструкціям технологічності, уніфікації, нормалізації, зменшення металоємкості, скороченням числа типорозмірів машин;
- зменшувати масу машин збільшенням компактності конструкції, застосуванням раціональних кінематичних і силових схем, усуненням невідних видів навантаження, заміною згину розтягненням-стисканням, а також застосуванням легких сплавів і неметалевих матеріалів;
- всебічно спрощувати конструкцію машин;
- запобігати суцільних багато детальних конструкцій;
- замінити у всіх випадках, де це можливо, механізми з прямолінійним поступально-поворотним рухом більш вигідними механізмами з обертовим рухом;
- забезпечувати максимальну технологічність деталей, вузлів і машини в цілому, закладаючи в конструкцію резерви найбільш продуктивного виготовлення і складання;
- скорочувати об'єм механічної обробки, передбачаючи виготовлення деталей із заготовок з формою, близькою до кінцевої форми виробу;
- замінювати механічну обробку більш продуктивними засобами обробки без зняття стружки;

- максимально уніфікувати елементи конструкції з метою здешевлення машини, скорочення термінів її виготовлення, доводки, а також для полегшення експлуатації і ремонту;
- всебічно розширяти застосування нормалізованих деталей;
- додержуватися діючих ДСТУ, галузевих нормалей;
- не застосовувати оригінальних деталей та вузлів там, де можливо обійтися стандартними, нормальними, уніфікованими, запозиченими і закупними деталями і вузлами;
- економити дефіцитні дорогі матеріали, застосовуючи їх повноцінні замінники;
- при неминучості застосування дефіцитних матеріалів звести їхні витрати до мінімуму;
- прагнути (як загальне правило) до здешевлення виготовлення, не обмежувати витрати на виготовлення деталей, ключових для довговічності і надійності машини;
- виконувати деталі з якісних матеріалів, застосовувати для їх виготовлення технологічні процеси, які забезпечують найбільше підвищення надійності і терміну служіння;
- надавати машині прості і гладкі зовнішні форми, які полегшують догляд за машиною і її утримання;
- додержуватися вимог технічної естетики, надаючи машинам стрункі архітектурні форми;
- покращувати зовнішнє оздоблення машин;
- зосереджувати органи управління і контролю за можливістю в одному місці, зручному для огляду і роботи;
- виконувати доступними і зручними для огляду вузли і механізми, які потребують періодичної перевірки;
- забезпечувати безпеку обслуговуючого персоналу;

- попереджувати нещасні випадки максимальною автоматизацією робочих операцій, введенням блокувань, застосуванням закритих механізмів і встановленням захисних огорож;

- в машинах-знарядях і автоматах забезпечувати можливість регулювання і налагодження механізмами ручного прокручування, повільного повертання від приводного двигуна (з реверсом, якщо того потребують умови налагодження);

- в машинах з приводом від електродвигуна враховувати можливість неправильного включення двигуна, а в машинах з приводом від двигуна внутрішнього згоряння – зворотних спалахів;

- забезпечувати можливість реверсивної роботи машини або вводити попереджувальні пристрої (відгінні муфти);

- ретельно вивчати досвід експлуатації машин і оперативно вводити в конструкцію виправлення дефектів, які виявились в експлуатації;

- вивчення експлуатації – кращий засіб вдосконалення і доводки машин, і ефективний засіб підвищення кваліфікації конструктора;

- безперервно вдосконалювати конструкцію машин, які знаходяться в серійному виробництві, підтримувати їх на рівні зростаючих вимог промисловості;

- забезпечувати конструктивний резерв, готуючи випуск нових машин з більш високими показниками на зміну старих;

- вивчати тенденції розвитку галузей народного господарства, які використовують дані машини, вводити перспективне проектування, розраховане на задоволення потреб споживачів машин;

- при проектуванні нових конструкцій, а також машин, які мають призначення для нових технологічних процесів, перевіряти нові елементи за допомогою експерименту, моделювання, завчасного виготовлення і випробування вузлів;

- ширше використовувати досвід експлуатації конструкцій в суміжних галузях машинобудування.

### **Приклад задачі з розрахунком**

#### **Умова:**

Проектується важільний механізм, у якому на одному кінці важеля прикладено силу  $F = 200$  Н, а довжина важеля дорівнює  $L = 0,5$  м.

#### **Визначити:**

1. Момент сили, що діє на вісь обертання.
2. Мінімальний діаметр вала (з вуглецевої сталі), якщо допустиме напруження на зсув  $\tau_{\text{доп}} = 60$  МПа.

#### **Розв'язання:**

Крок 1. Розрахунок моменту сили:

$$M = F \times L = 200 \text{ Н} \times 0,5 \text{ м} = 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Крок 2. Визначення діаметра вала:

$$\tau = (16 \times M) / (\pi \times d^3)$$

$$60 \times 10^6 = (16 \times 100) / (\pi \times d^3)$$

$$d^3 = (16 \times 100) / (\pi \times 60 \times 10^6) \approx 0,00849$$

$$d \approx \sqrt[3]{0,00849} \approx 0,204 \text{ м} = 20,4 \text{ мм}$$

#### **Відповідь:**

Мінімальний діаметр вала повинен становити не менше 20,4 мм.

### **Задача для самостійного виконання**

В конструкції підйомного механізму на важіль довжиною 0,3 м діє сила 150 Н.

#### **Визначити:**

1. Момент сили відносно осі обертання.
2. Мінімальний діаметр вала, якщо допустиме напруження на зсув становить

$$\tau_{\text{доп}} = 50 \text{ МПа.}$$

#### **Контрольні запитання для перевірки знань:**

1. Що таке момент сили і як він обчислюється?
2. Які етапи проектування технічного пристрою ви можете назвати?

3. Що таке допустиме напруження і як воно впливає на вибір матеріалу?
4. Чому важливо враховувати діаметр вала при проектуванні механізмів?
5. Які типи навантажень найчастіше враховують при розрахунках деталей машин ?
6. Які вимоги необхідно враховувати в процесі проектування технічних пристроїв ?
7. Яким чином при проектуванні нових конструкцій, а також машин, можливо перевіряти нові елементи ?
8. Яким чином можливо попереджувати нещасні випадки на стадії проектування технічних пристроїв ?
9. З якою метою потрібно максимально уніфікувати елементи нових конструкцій ?
10. Для чого в конструкціях машин вводяться автоматичні регулятори, запобіжні і попереджуючі пристрої ?

## **Практичне заняття № 2**

### **Системний підхід при проектуванні технічних пристроїв**

#### **Мета заняття**

Формування в студентів уявлення про системний підхід як базовий принцип при проектуванні технічних пристроїв. Навчити застосовувати цей підхід для аналізу функціонування пристрою, визначення його складових та проведення розрахунків, які враховують системні взаємозв'язки між елементами конструкції.

## Теоретичні відомості

З позиції системного підходу технічний пристрій можливо розглядати як ієрархічну систему, що складається з структурних складових різного рівня. В конструкції технічного пристрою чітко проявляються особливості системи - взаємозв'язок між складальними одиницями і деталями. На рис. 2.1 зображена конструкція технічного пристрою у вигляді ієрархічної системи. Технічний пристрій  $T$  складається з деякого числа складальних одиниць ( $C_1 T, C_2 T, \dots C_i T$ ), кожна з яких в свою чергу може складатися з деякого числа деталей ( $D_1 C_i T, D_2 C_i T, \dots D_j C_i T$ ). При цьому одна і та ж деталь може входити в різні складальні одиниці. Це відображає принцип уніфікації деталей і розглядається як повторюваність деталей в технічному пристрої. В свою чергу окремі частини (функціональні і структурні) деталі ( $Ч_1 D_j C_i T, Ч_2 D_j Q T, \dots Ч_k D_j C_i T$ ) можуть входити в конструкцію деталей різних найменувань. В цьому відображається уніфікація частин конструкції деталей. На нижній сходинці ієрархічної структури знаходяться елементи системи - поверхні деталей ( $П_1 Ч_k D_j C_i T, П_2 Ч_k D_j C_i T, \dots П_m Ч_k D_j C_i T$ ), які також можуть бути уніфіковані. Слід відзначити, що під поверхнею розуміють не тільки характеристику форми, але також параметри шорсткості і точності.

Наведену схему можливо використовувати при розв'язанні різноманітних задач в процесі проектування технічного пристрою, складальних одиниць, деталей і т.п. В цьому якраз і заключається принцип системного підходу до проектування, коли, вважаємо технічний пристрій як ціле, робимо аналіз і проектуємо його частини. Системний підхід також може бути використаний при формалізації технічних задач. В даному випадку любую технічну задачу можливо представити у вигляді трьох системних об'єктів: початкового стану, кінцевого результату і процесу перетворення першого в останній.

Ці три складові технічної задачі можуть бути відомими вхідними або невідомими пошуковими. Таким чином, позначивши початковий стан  $a$  і  $x$ , кінцевий результат –  $c$  і  $z$ , а процес перетворення в  $i$  у, одержимо вісім видів

технічних задач: 1 - авс; 2 - хвс; 3 - хус; 4 - аус; 5 - хвз; 6 - ауз; 7 - авз; 8 - хуз.

Технічні задачі виду авс є конструкторськими. В них відомо тип технічного пристрою, середовище опрацювання (процес) і кінцевий результат.

В залежності від складності розрізняють шість рівнів конструкторських задач.

Перші три рівня в1, в2, в3 характеризують екстенсивний шлях розвитку технічних пристроїв, четвертий в4 і п'ятий в5 рівні - є рівнями, яким притаманний інтенсивний шлях розвитку технічних пристроїв при збереженні існуючих технологічних схем або використанні нової технологічної схеми.

Шостий рівень  $v_6$  переводить технічний пристрій в клас технічних задач виду  $au^*c$ . В цьому випадку йдеться про створення або використання піонерського винаходу на спосіб і пристрій. При вирішенні цієї технічної задачі проявляється інтенсифікація розвитку технічних пристроїв. Задача знову переходить в клас конструкторських типу авс і знову проходить всі рівні. Процес проектування технічних пристроїв являє собою комплексну задачу, при вирішенні якої повинні враховуватися *економічні, соціальні, технічні, експлуатаційні і спеціальні* вимоги, що висуваються при створенні техніки.

### **Приклад задачі з розрахунком**

#### **Умова:**

Система передачі руху складається з електродвигуна, редуктора і вала, який передає крутний момент на виконавчий механізм. Електродвигун розвиває потужність  $P = 1,5$  кВт при кутовій швидкості  $\omega = 100$  рад/с.

Визначити:

1. Крутний момент, що передається валом.

2. Мінімальний діаметр вала з урахуванням допустимого напруження на зсув  $\tau_{\text{доп}} = 55 \text{ МПа}$ .

**Розв'язання:**

Крок 1. Розрахунок крутного моменту:

$$M = P / \omega = 1500 \text{ Вт} / 100 \text{ рад/с} = 15 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Крок 2. Визначення мінімального діаметру вала:

Формула для напруження на зсув:

$$\tau = (16 \times M) / (\pi \times d^3)$$

Підставимо:

$$55 \times 10^6 = (16 \times 15) / (\pi \times d^3)$$

$$d^3 = (16 \times 15) / (\pi \times 55 \times 10^6) \approx 0,0001387$$

$$d \approx \sqrt[3]{0,0001387} \approx 0,051 \text{ м} = 51 \text{ мм}$$

**Відповідь:**

Мінімальний діаметр вала має бути не менше 51 мм.

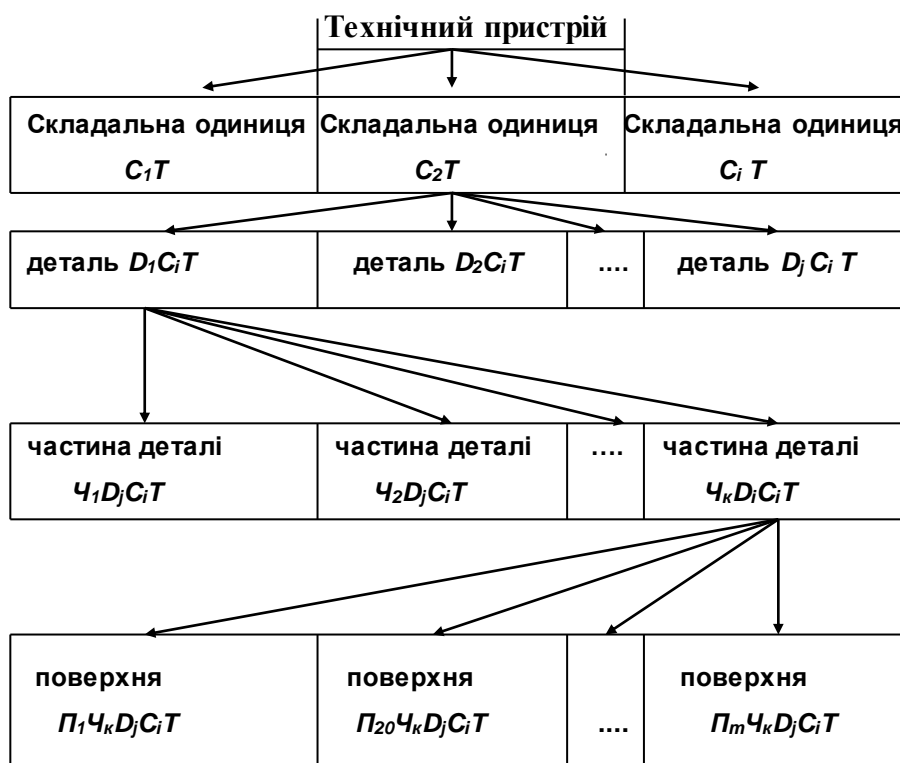


Рисунок 2.1 - Конструкція технічного пристрою в вигляді ієрархічної системи

### **Задача для самостійного виконання**

У технічному пристрої двигун передає потужність  $P = 2$  кВт на вал з кутовою швидкістю  $\omega = 80$  рад/с. Визначити:

1. Крутний момент, що діє на вал.
2. Мінімальний діаметр вала, якщо допустиме напруження на зсув становить  $\tau_{\text{доп}} = 50$  МПа.

### **Контрольні запитання для перевірки знань**

1. Що таке системний підхід у проектуванні технічних пристроїв?
2. Які елементи можливо виділити в системі технічного пристрою?
3. Чому важливо враховувати взаємозв'язки між елементами системи при проектуванні?
4. Як визначається крутний момент у системі передачі потужності?
5. Як впливає кутова швидкість на розрахунок крутного моменту?
6. Як Ви поясните вираз «ієрархічна система»?
7. Назвіть рівні конструкторських задач в залежності від їх складності?
8. В чому заключається принцип системного підходу до проектування технічних пристроїв та машин?
9. Що розуміють під поняттям «формалізації технічних задач»?
10. Наддайте найпростіше зображення конструкція технічного пристрою у вигляді ієрархічної системи?

### **Практичне заняття № 3**

## **Основні принципи конструювання - міцність і жорсткість елементів конструкції**

### **Мета заняття**

При розробці технічної системи навчити студентів знаходити рішення, яке можливо вважати за оптимальне.

## Теоретичні відомості

При розробці технічної системи конструктори шукають рішення, яке вважають за оптимальне. При цьому виходять з ступеню виконання системою заданих вимог, передбачених витрат і просто суб'єктивної оцінки конструкції. У ході пошуку оптимального рішення виконавець зіштовхується з багатокритеріальністю оцінки технічних систем. Багатокритеріальність означає, що ступінь досконалості системи, якість виконання нею своїх функцій залежать від декількох вихідних характеристик. Часто ці характеристики суперечливі і найбільш сприятливі співвідношення між ними невідомі. У цих умовах багатокритеріальність системи викликає складності рішення задачі вибору, особливо якщо один з варіантів розробки переважає інші по одній групі критеріїв, але поступається їм по іншій. Задача вибору переважного варіанту вирішується завжди інтуїтивно технічним керівником, який опирається на думку експертів-спеціалістів.

### Розрахункова задача з розв'язанням

#### Умова:

Розробляється деталь у вигляді консольної балки (кріпиться з одного кінця), яка має витримати силу 500 Н, прикладену на кінці. Довжина балки — 300 мм. Балка виготовлена зі сталі з допустимим напруженням  $\sigma_{доп} = 160$  МПа.

Необхідно визначити мінімальний діаметр круглої балки (поперечний переріз — коло), щоб вона не втратила міцність.

#### Розв'язання:

##### 1. Вихідні дані:

- Сила:  $F = 500$  Н
- Довжина балки:  $L = 300$  мм = 0.3 м
- Допустиме напруження:  $\sigma_{доп} = 160$  МПа =  $160 \times 10^6$  Па
- Балка — круглий переріз

2. Момент вигину на кінці балки:

$$M = F \times L = 500 \times 0.3 = 150 \text{ Н}\cdot\text{м} = 150 \times 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

3. Формула для вигинального напруження:

$$\sigma = M \cdot c / I, \text{ де } c = d/2, I = \pi \cdot d^4 / 64$$

Перетворена формула:

$$\sigma = 32 \cdot M / (\pi \cdot d^3)$$

4. Нерівність для розрахунку діаметра:

$$(32 \cdot 150 \cdot 10^3) / (\pi \cdot d^3) \leq 160 \cdot 10^6$$

Розв'язуємо:

$$d^3 \geq 4.8 \cdot 10^6 / (\pi \cdot 160 \cdot 10^6) \approx 0.00955$$

$$d \geq \sqrt[3]{0.00955} \approx 0.21 \text{ м} = 21 \text{ мм}$$

**Відповідь:**

Мінімальний діаметр балки — 21 мм.

### Контрольні запитання

1. Яким чином впливає діаметр вала на допустиме крутильне напруження?
2. Як зміниться напруження, якщо діаметр балки зменшити вдвічі?
3. У яких випадках використовується круглий поперечний переріз конструкції?
4. Яка різниця між моментом інерції та моментом опору?
5. Чому важливо враховувати допустиме напруження при конструюванні деталей?
6. Поясніть принцип перспективного проектування?
7. Поясніть термін «міцність конструкції»?
8. Дайте визначення поняття «надійність машин та конструкцій»?
9. Як можливо оцінити жорсткість конструкції стріли баштового крану?
10. Якими засобами можливо оптимально підвищити жорсткість конструкції?

## **Практичне заняття № 4**

### **Створення похідних машин на базі уніфікації**

#### **Мета заняття**

Закріпити знання студентів щодо принципів створення похідних машин на основі уніфікації конструктивних елементів та розвинути навички конструкторського аналізу.

#### **Теоретичні відомості**

Уніфікація являє собою ефективний і економічний спосіб створення на базі вихідної моделі ряду похідних машин однакового призначення, але з різними показниками потужності, продуктивності і т.д., або машин різного призначення, що виконують якісно інші операції, а також розрахованих на випуск іншої продукції.

В існуючій час є декілька напрямків вирішення цієї задачі. Не всі вони універсальні. У більшості випадків кожний метод застосовується тільки до визначеної категорії машин, при чому економічний ефект їх різний. Наведена далі класифікація методів створення похідних машин досить умовна. Деякі методи тісно взаємозв'язані, провести тверду межу між ними важко. Можливо сполучення і паралельне застосування двох або декількох методів.

#### **Секціювання**

Цей метод полягає в розділенні машин на однакові секції і утворення похідних машин набиранням уніфікованих секцій. Секціюванню добре піддаються багато видів підйомно-транспортних пристроїв (стрічкові, скребкові, ланцюгові транспортери). В даному випадку застосування методу зводиться до побудови каркасу машин з секцій і складання машин різноманітної довжини з новим несучим полотном. Досить просто секціонуються машини з ланцюговим несучим полотном (ковшеві

елеватори, пластинчаті транспортери з полотном на основі втулочно-роликів ланцюгів), у яких довжину полотна можливо змінювати зменшенням або збільшення ланок.

Секціюванню піддаються також дискові фільтри, пластинчаті теплообмінники, центробіжні, вихркові і аксальні гідравлічні насоси. В останньому випадку набиранням секцій можливо отримати ряд багатоступневих насосів різноманітного тиску, які уніфіковані по основним робочим параметром.

### **Метод зміни лінійних розмірів**

При цьому методі з метою отримання різної продуктивності машин і агрегатів змінюють їх довжину, зберігаючи форму поперечного січення. Метод зміни лінійних розмірів застосовують до обмеженого класу машин (головним чином роторних), продуктивність яких пропорційна довжині ротора (шестеренчасті і лопатні насоси, мішалки, вальцові машини і т.д.). Ступінь уніфікації при цьому методі невелика. Уніфікуються тільки торцеві кришки корпусів і допоміжні деталі. Головний економічний ефект дає збереження основного технологічного обладнання для обробки роторів і внутрішніх порожнин корпусів. Окремим випадком застосування даного методу є підвищення навантаженості зубчатих передач збільшенням довжини зубів коліс з збереженням їх модуля.

### **Метод базового агрегату**

В основі цього методу лежить застосування базового агрегату, який перетворюється в машини різного призначення приєднанням до нього спеціального обладнання. Найбільше застосування цей метод отримав в виробництві дорожніх машин, самохідних кранів, навантажувачів, укладальників, а також сільськогосподарських машин.

Базовим агрегатом в даному випадку в основному являються тракторні і автомобільні шасі, які випускаються серійно. Монтуючи на шасі допоміжне обладнання, отримують серію машин різного призначення.

Приєднання спеціального обладнання вимагає розробки допоміжних механізмів і агрегатів (коробок відбору потужності, підйомних і поворотних механізмів, лебідок, реверсів, фрикціонів, гальм, механізмів управління, кабін), які, в свою чергу, можливо в значній мірі уніфікувати.

### **Конвертування**

В методі конвертування базову машину або основні її елементи використовують для створення агрегатів різного призначення, іноді близьких, а іноді далеких за робочим процесом. Прикладом конвертування може служити перевід поршневих двигунів внутрішнього згоряння з одного виду палива на інший, з одного виду теплового процесу на другий (з циклу іскрового запалення на цикл з спалахом від стискання).

Бензинові карбюраторні двигуни легко конвертуються в газові. Для цього достатньо замінити карбюратор змішувачем, змінити ступінь стиснення (що легше всього досягається зміною висоти поршнів) і виконати деякі другорядні конструктивні переробки. В цілому двигун зостається таким же. Конвертування бензинового або газового двигуна в дизель являє собою більш важку задачу, головним чином через притаманні дизелям підвищені робочі зусилля, які обумовлені високим ступенем стиснення і великим тиском спалаху. Тому, конвертований двигун повинен мати значні запаси міцності. Конвертування в даному випадку заключається в заміні карбюратора паливним насосом і форсунками (або насосами-форсунками), зміні ступеню стиснення (за рахунок головок циліндрів, збільшення висоти поршнів або зміною їх днищ).

Наступний приклад конвертування – перевід поршневих повітряних компресорів на інший газ (аміак, фреон). В цьому випадку при

переобладнанні потрібно враховувати різні фізичні і хімічні властивості робочих агентів і відповідно вибирати матеріали робочих деталей.

Прикладом конвертування агрегатів, які відрізняються за робочим процесом, є переобладнання двигуна внутрішнього згоряння в поршневий компресор.

Конвертування в даному випадку включає в себе заміну головок двигуна клапанними коробками з відповідною зміною механізму розподілення, що вимагає значних переробок.

### **Компаундування**

Метод компаундування (паралельного з'єднання машин або агрегатів) застосовують з метою збільшення загальної потужності або продуктивності пристрою. Спарені машини встановлюються рядом як незалежні агрегати, або зв'язуються між собою синхронними, транспортними і іншими подібними пристроями, або конструктивно об'єднуються в один агрегат.

Приклад суміщення першого типу – це парне встановлення судових двигунів, які працюють кожний на свій гвинт, а також встановлення двох або більшого числа двигунів на крилах літака. Крім підвищення загальної потужності (якщо важко створити двигуни великої потужності) цей спосіб інколи дозволяє вдало вирішити і інші задачі. Так паралельна установка судових двигунів збільшує маневреність судна, особливо на малому ході. Установка декількох двигунів на літаках полегшує віражування і вирулювання на землі. Застосування декількох двигунів в відомій мірі збільшує надійність: при виході з ладу одного з двигунів можливо продовжити рейс, хоч і з зниженою швидкістю.

Приклад суміщення другого типу - паралельне встановлення машин-знарядь групами (по дві – три). Його застосовують в автоматичних лініях, коли продуктивність окремої машини, яка входить в потік, значно менше продуктивності всієї лінії. Таке встановлення вимагає розділення потоку на два або більше потоків (відповідно числу паралельно встановлених машин) з подальшим з'єднанням їх в один.

Приклад суміщення третього типу – здвоєння або зтроєння лінійних машин-знарядь, тобто об'єднання декількох робочих тракторів на загальній станині. В результаті отримуємо багатолінійну паралельно-поточну машину з продуктивністю підвищеною відповідно числу тракторів.

### **Модифікування**

Модифікуванням називають переробку машини з метою пристосування її до інших умов праці, операцій і видів продукції без зміни основної конструкції.

Модифікування машини для роботи в різних кліматичних умовах зводиться безпосередньо до заміни матеріалів. В машинах, які працюють в жаркому і вологому кліматі (машини тропічного виконання), застосовують корозійностійкі сплави, в машинах, що експлуатуються в районах з суворим кліматом (машини арктичного виконання), використовують холодостійкі матеріали, а системи змащування пристосовують до роботи при низьких температурах.

Модифікування стаціонарних машин для роботи в морському транспорті (машини морського виконання) складається з всебічного полегшення машини заміною важких сплавів (чавуну) легкими (алюмінієвими) і введенням матеріалів, стійких до корозії у вологому морському повітрі та при контакті з морською водою. Складніше модифікувати машини з метою їх пристосування до різних операцій або виробів. В цьому випадку метод модифікування тісно змикається з методом агрегаткування.

### **Агрегаткування**

Агрегаткування – це створення машин сполученням уніфікованих агрегатів, які являють собою автономні вузли, і встановлюються в різній кількості та комбінаціях на загальній станині.

Найбільш повне впровадження цей принцип отримав в конструкції агрегатних металообробних верстатів. Такі верстати створюють на основі уніфікованих блоків (обробні блоки, механізми синхронізації, поворотні столи, корпуси загального призначення, станини, тумби, допоміжні вузли, системи подачі змащувально-охолоджувальних рідин).

Більша частина виробу в процесі обробки залишається нерухомою. До неї з різних сторін підводяться відповідним чином налагоджені блоки; операції обробки виконуються одночасно, що прискорює технологічний процес.

Головні переваги агрегування: скорочення термінів, вартості проектування і виготовлення машин, спрощення обслуговування і ремонту, можливість переналагодження машин для обробки різноманітних деталей. Метод агрегування дуже перспективний. Окрім металоріжучих верстатів його можна застосувати і для інших машин-знарядь.

Частковим агрегуванням є використання стандартизованих вузлів з числа серійно випускаємих промисловістю (редукторів, насосів, компресорів), а також запозичення вузлів і агрегатів серійно виготовляємих виробів (коробок зміни швидкостей, механізмів переключення муфт, фрикціонів і т.д.).

### **Комплексна нормалізація**

Близький до агрегування метод комплексної нормалізації, який застосовують для агрегатів найпростішого типу (відстійників, випарних і сумішоготуючих пристроїв). Простота конструктивних форм цих агрегатів дозволяє нормалізувати всі або майже всі елементи їх конструкції.

Нормалізації за типорозмірами піддаються вінці резервуарів, днища, кришки, лази, арматура, лапи кріплення, стійки. Нормалізують також вузли (теплообмінники, приводи мішалок, дозуючі пристрої і т.д.).

Особливістю агрегатів цього типу є широке застосування допоміжного покупного обладнання (насосів, фільтрів, приладів контролю і управління, засобів автоматизації).

З нормалізованих деталей, уніфікованих вузлів і уніфікованого обладнання можливо компоувати апарати: з однаковим робочим процесом, але з різними розмірами і продуктивністю; однакового призначення, але з різноманітними параметрами робочого процесу (тиском, температурою); різного призначення і з різним робочим процесом.

### **Уніфіковані ряди**

В деяких випадках можливо утворення ряду похідних машин різної потужності або продуктивності зміною числа головних робочих органів або їх застосуванням в різноманітних сполученнях. Такий ряд називається сімейством, гамою або серією машин. Цей спосіб застосовується до машин, потужність або продуктивність яких залежить від числа робочих органів. Метод забезпечує наступні технологічні і експлуатаційні переваги:

- спрощення, прискорення і здешевлення процесів проектування і виготовлення машин;
- можливість застосування високопродуктивних методів обробки уніфікованих деталей;
- зменшення термінів доводки і освоєння дослідних зразків (завдяки відпрацьованості головних робочих органів);
- полегшення експлуатації;
- скорочення термінів підготовки обслуговуючого персоналу і термінів ремонту машин, а також спрощення постачання запасними деталями.

Інша область застосування методу уніфікованих рядів — це роторні машини-знаряддя. Продуктивність роторних машин пропорційна числу операційних блоків, які встановлені на машині, тому з уніфікованих блоків можливо створити ряд машин різної продуктивності. На відміну від поршневих двигунів число блоків, які можливо установити на роторній машині, практично не обмежене і залежить тільки від заданої продуктивності.

Наряду з зміною числа операційних блоків на роторних машинах можливо змінювати блоки, пристосовуючи машину до виконання різних операцій. Це

– приклад сполучення методу уніфікованих рядів з методами конвертування або агрегування.

### **Межі методу**

Методи створення похідних машин та їх рядів на основі уніфікації не являється універсальними та все об'ємними. Окремий метод застосовується до окремої категорії машин. Багато машин (парові або газові турбіни) за конструкцією не допускають створення похідних машин. Неможливо або недоцільно створювати похідні ряди для спеціалізованих машин, машин великої потужності і т.д., а також для машин, які залишаються в категорії індивідуального проектування.

Уніфікація нерідко супроводжується погіршенням якості, особливо в випадку похідних рядів великого діапазону. Крайні члени ряду за габаритними розмірами, металоємкості, питомій масі і експлуатаційним показникам, як правило, поступаються, якщо уніфікація забезпечує великий економічний ефект, а габаритні розміри і маса мають другорядне значення.

### **Задача 1**

#### **Умова:**

Є три моделі сільськогосподарських машин: А, Б і В. Кожна має по 5 основних вузлів. З них: 3 вузли є уніфікованими для всіх моделей, 1 — уніфікований для моделей А і Б, а інші вузли — унікальні. Визначити кількість унікальних вузлів для кожної моделі.

#### **Розв'язання:**

Кількість вузлів у кожній моделі: 5

Уніфіковані вузли для всіх: 3

Уніфікований для А і Б: 1

Отже, унікальних вузлів:

Модель А:  $5 - (3 + 1) = 1$

Модель Б:  $5 - (3 + 1) = 1$

Модель В:  $5 - 3 = 2$  (вузол, уніфікований для А і Б, не враховується)

Відповідь: Модель А — 1 вузол, Б — 1 вузол, В — 2 вузли.

## Задача 2

### Умова:

При створенні похідної машини використано 8 основних вузлів. З них 5 вузлів взято з базової моделі, а 3 вузли розроблено нові. Обчислити коефіцієнт уніфікації та коефіцієнт новизни конструкції.

### Розв'язання:

Коефіцієнт уніфікації = (кількість уніфікованих вузлів / загальна кількість вузлів) \* 100%

$$= (5 / 8) * 100\% = 62.5\%$$

Коефіцієнт новизни = (кількість нових вузлів / загальна кількість вузлів) \* 100%

$$= (3 / 8) * 100\% = 37.5\%$$

### Відповідь:

Коефіцієнт уніфікації — 62.5%, коефіцієнт новизни — 37.5%. (Рис. 1).

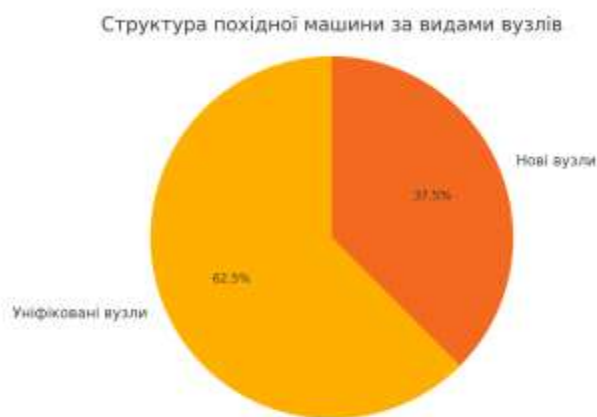


Рисунок 4.1 – Структура похідної машини за видами вузлів

## Задача для самостійного опрацювання

На підприємстві проектується нова машина на основі двох існуючих моделей. Модель Х має 6 вузлів, модель Y — 7 вузлів. З них 4 вузли

ідентичні. Визначити, скільки нових вузлів доведеться спроектувати, якщо у новій моделі буде використано максимум уніфікованих елементів.

### **Розрахункова задача з розв'язанням**

#### **Умова:**

На базі існуючого тракторного шасі було вирішено створити похідну машину – самохідний обприскувач. Для цього потрібно провести розрахунок доцільності використання уніфікованих вузлів. Відомо, що з 80 основних вузлів майбутньої машини 60 можуть бути уніфіковані з вузлами базової машини. Визначити коефіцієнт уніфікації конструкції, а також дати висновок щодо доцільності такої розробки.

#### **Розв'язання:**

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$K_u = N_u / N_{заг}$ , де:

$N_u$  — кількість уніфікованих вузлів,

$N_{заг}$  — загальна кількість вузлів.

Підставимо значення:

$$K_u = 60 / 80 = 0.75$$

Отже, коефіцієнт уніфікації становить 0.75 або 75%.

#### **Висновок:**

Отримане значення коефіцієнта уніфікації 0.75 свідчить про високу уніфікованість конструкції. Це означає, що створення похідної машини на базі існуючого шасі є технічно доцільним, оскільки дозволяє зменшити витрати на проектування, виготовлення та технічне обслуговування нової техніки.

### **Задача для самостійного розрахунку**

Підприємство планує розробити похідну дорожню машину на базі існуючого вантажного автомобіля. Загальна кількість вузлів нової конструкції – 120. З них 84 вузли планується уніфікувати. Визначити

коефіцієнт уніфікації конструкції та зробити висновок про доцільність використання уніфікованих вузлів.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке уніфікація в машинобудуванні?
2. Які переваги має створення похідних машин на основі уніфікації?
3. Як визначається коефіцієнт уніфікації конструкції?
4. У чому полягає відмінність між уніфікованими та унікальними вузлами?
5. Який вплив має уніфікація на витрати виробництва?
6. Назвіть основні методи уніфікації?
7. В чому сутність методу агрегування?
8. Застосування методу інверсії?
9. Де в будівельних машинах широко застосовується метод секціонування?
10. Який ряд називається сімейством, гамою або серією машин?

### **Практичне заняття № 5**

#### **Методика конструювання**

##### **Мета заняття**

Сформувати в студентів навички комплексного підходу до конструювання технічного пристрою з урахуванням функціональних, експлуатаційних і конструкційних вимог. Розглянути приклад поетапного проектування складної деталі з виконанням розрахунків та побудовою висновків щодо ефективності рішення.

##### **Теоретичні відомості**

Вихідними матеріалами для конструювання можуть бути:

- технічне завдання, яке видається плануючою організацією або замовником і визначає параметри машин, область і умови її застосування;
- технічна пропозиція, яка висувається в ініціативному порядку проектною організацією або групою конструкторів;
- науково-дослідна робота або створений на її основі експериментальний зразок;
- зразок зарубіжної машини, який підлягає копіюванню або відтворення з переробками.

Перший випадок – найбільш загальний; на ньому зручно відслідковувати процес конструювання. До технічних завдань необхідно підходити критично. Конструктор повинен добре знати галузь промисловості, для якої конструює машину. Він зобов'язаний перевірити завдання, і якщо потрібно, обґрунтовано доказати необхідність його коректування.

Не завжди враховують ті обставини, що з моменту початку конструювання до терміну введення машини в експлуатацію проходить визначений період, як правило, тривалість його залежить від складності машини. Цей період складається з наступних етапів: конструювання, виготовлення, заводського налагодження, доведення зразка, промислових випробувань, внесення виявлених у ході випробувань переробок, державних випробувань і приймання дослідного зразка. Далі йде виготовлення технічної документації головної серії, виготовлення головної серії і її промислове випробування. Після цього розроблюють серійну документацію, готують виробництво до серійного випуску, і на кінець, організують серійний випуск.

В кращому випадку, при відсутності великих недоліків і ускладнень цей процес триває – півтора-два роки. Інколи між початком конструювання і початком широкого випуску машин проходить два-три роки, а іноді й більше.

Машини з неправильно вибраними, заниженими параметрами, основані на шаблонних рішеннях, які не забезпечують технічного прогресу, не сумісні

з новими уявленнями про роль якості, надійності і довговічності, старіють уже до початку серійного випуску. Робота, яка затрачується на проектування, виготовлення і доведення зразку, виявляється марною, а промисловість не отримує потрібної машини.

### **Конструктивна приємственність**

Конструктивна приємственність – це використання при проектуванні попереднього досвіду машинобудування даної та суміжних галузей, введення в агрегат, що проектується, всього корисного, що є в існуючих конструкціях машин. Майже кожна сучасна машина являє собою підсумок роботи конструкторів декількох поколінь. Початкову модель машини поступово вдосконалюють, збагачують новими вузлами і агрегатами, новими конструктивними рішеннями, які являють собою результат творчих зусиль і винахідливості наступних поколінь конструкторів. Деякі конструктивні рішення з виникненням більш раціональних рішень, нових технологічних засобів, підвищенням експлуатаційних вимог відпадають, а деякі зберігаються тривалий час в такому або майже в такому початковому вигляді.

З плином часу підвищуються техніко-економічні показники машин, росте їх потужність і продуктивність, збільшується ступінь автоматизації, надійність і довговічність, з'являються нові машини однакового призначення, але принципово інших конструктивних схем. В змаганні отримують перемогу найбільш прогресивні і живучі конструкції.

Особливо важливе вивчення вихідних матеріалів при розробці нової конструкції. Головна задача при цьому – правильно вибрати параметри машини. Окремі незначні конструктивні помилки виправляються в процесі виготовлення і доведення машини. Помилки ж в параметрах і в головному задумі машини не піддаються виправленню і нерідко ведуть до провалу конструкції. На цьому етапі не слід шкодувати ні часу, ні зусиль на вишукування.

Передумовою вибору параметрів повинно явитись повне дослідження усіх факторів, які визначають життєздатність машини. Необхідно вивчити досвід виготовлення зарубіжних і вітчизняних машин, провести порівнюючий аналіз їх переваг і недоліків, вибрати правильний прототип, з'ясувати тенденції розвитку і потреби даної галузі машинобудування.

Важлива умова правильного проектування – наявність фонду довідкового конструкторського матеріалу. Окрім архівів власної продукції конструкторські організації повинні мати альбоми конструкцій суміжних організацій. Обов'язкове систематичне поглиблене вивчення вітчизняної і зарубіжної періодичної літератури і патентів.

Конструктор повинен бути в курсі пошукових і перспективних робіт, які проводяться науково-дослідними інститутами в даній галузі. Поряд з вивченням досвіду тієї галузі машинобудування, в якій працює дана конструкторська організація, слід використовувати досвід інших, навіть віддалених за профілем галузей машинобудування. Це розширить кругозір конструктора і збагатить арсенал його конструкторських задумів. Особливо доцільно вивчати досвід передових галузей машинобудування, де конструкторська і технологічна думка, збуджена високими вимогами до якості продукції (авіація) і масовості виготовлення (автотракторобудування), безперервно розробляє нові конструктивні форми засобів підвищення якості, надійності, довговічності і прийоми промислового виготовлення.

Використання накопиченого досвіду дозволяє вирішувати окремі задачі, які виникають при проектуванні. Інколи конструктор б'ється над створенням будь-якого спеціального вузла або агрегату, нового для конструкції даної машини, тоді як подібні вузли давно розроблені в інших галузях машинобудування і перевірені тривалою експлуатацією. Творча ініціатива не являється обмеженою, якщо конструктор її запозичив. Проектування кожної машини являє собою широке поле діяльності для конструктора.

Процес постійного вдосконалення машин під тиском зростаючих вимог промисловості знаходить відображення у створенні школи конструювання і складу конструкторського мислення.

### **Вивчення сфери застосування машин**

Розвиток машинобудування нерозривно пов'язаний з розвитком секторів народного господарства. В промисловості виникає процес безперервного вдосконалення: зростають об'ємом продукції, скорочується виробничий цикл, з'являються нові технологічні процеси, змінюється компоновка ліній, склад і розташування обладнання, постійно підвищується рівень механізації і автоматизації виробництва. Відповідно зростають вимоги до показників машин, їх продуктивності, ступеню автоматизації. Деякі машини з появою нових технологічних процесів стають непотрібними. З'являється необхідність створення нових машин або докорінної зміни старих.

Іноколи ці зміни бувають дуже значними і зачіпають багато категорій машин. Так, введення прогресивного процесу безперервного розливання металу означає відмирання, або у всякому випадку, скорочення застосування таких складних і металоємних машин, як блюмінги і слябінги (беззлитковий прокат). Розвиток конвертерного виробництва сталі з кисневим дуттям викликає зменшення використання мартенівських печей, якщо тільки останні, в свою чергу, не підлягають докорінним вдосконаленням. Поява магнітогазодинамічних генераторів, які безпосередньо перетворюють теплову енергію в електричну, призводить до зникнення електрогенераторів і значному скороченню використання теплових двигунів.

При проектуванні машин, що мають призначатися для визначеної галузі промисловості, попередньо здійснюється ретельне вивчення особливостей цієї галузі, динаміки її кількісного і якісного розвитку потреб в даній категорії машин і вірогідності появи нових технологічних процесів і методів виробництва.

Конструктору необхідно знати специфіку цієї галузі і рівень експлуатації машин, поєднувати конструкторські здібності з знанням умов експлуатації об'єктів проектування.

При виборі параметрів машини необхідно враховувати конкретні умови її застосування. Так неможливо довільно збільшувати продуктивність машини, не враховуючи продуктивності суміжного обладнання. В деяких випадках машини з підвищеною продуктивністю можуть виявитися в експлуатації недозавантаженими і будуть більше простоювати, ніж працювати. Це знижує ступінь їх використання і зменшує економічний ефект.

### **Вибір конструкції**

При виборі параметрів машини, головної схеми і типу конструкції в центрі уваги мають бути фактори, які визначають економічну ефективність машини - висока корисна віддача, мале електроспоживання і витрати на обслуговування, низька вартість експлуатації і тривалий термін застосування.

Схему машини завжди вибирають методом паралельного аналізу декількох варіантів, які піддають ретельній порівняльній оцінці з сторони конструктивної доцільності, досконалості кінематичної і силової схем, вартості виготовлення, енергоємності, витрат на робочу силу, надійності дії, габаритних розмірів, металомісткості і маси, технологічності, ступеню агрегатності, зручності обслуговування, збирання-розбирання, огляду, наладки і регулювання.

Потрібно з'ясувати, в якій мірі схема забезпечує можливість послідовного розвитку, форсування і вдосконалення машини, утворення на базі вихідної моделі похідних машин і модифікацій.

Не завжди вдається навіть при самих ретельних пошуках знайти рішення, яке повністю відповідає висунутим вимогам. Бездоганний у всіх відношеннях варіант в конструкторській практиці – рідкісна вдача. Суть інколи не в недоліках винахідливості, а в протиріччі висунутих вимог. В

таких випадках приходиться йти на компромісне рішення і поступатися деякими вимогами, які не мають першоступеневого значення в даних умовах застосування машини. Нерідко приходиться вибирати варіант не з невеликими перевагами, а з найменшими недоліками.

Після вибору схеми і основних показників агрегату розроблюють компоновку, на основі якої складають ескізний, технічний і робочий проекти. Розробка варіантів закономірний метод конструювання, який допомагає відшукувати найбільш раціональне рішення.

### **Метод інверсії**

Серед прийомів, які полегшують складний процес конструювання, видне місце займає метод інверсії (обернення функції, форм і розміщення деталей).

В вузлах інколи змінюють роль деталей, наприклад ведену деталь зробити ведучою, направляючу – направляємою, охоплювану - охоплючою, нерухому - рухомою. Доцільно інколи інвертувати форми деталей, наприклад: зовнішній конус замінити внутрішнім, опуклу сферичну поверхню - увігнutoю. В інших випадках являється вигідним перемістити конструктивні елементи з однієї деталі на другу, наприклад шпонку з вала на маточину або бойок із важеля на штовхач.

Кожного разу конструкція при цьому набуває нових властивостей. При цьому задача конструктора - зважити переваги і хиби вихідного і інвертованого варіантів з урахуванням міцності, технологічності, зручності експлуатації і вибрати найкращий з них. Для досвідченого конструктора інвертування - метод, що значно полегшує процес пошуку рішень, і в результаті якого народжується раціональна конструкція.

### **Компонування**

Компонування звичайно складається з двох етапів: ескізного і робочого. У ескізному компонуванні розробляють основну схему і загальну

конструкцію агрегату (іноді декілька варіантів). На підставі аналізу ескізної компоновки складають робочу компоновку, яка враховує конструкцію агрегату і слугує вихідним матеріалом для подальшого проектування.

При компонуванні важливо вміло виділяти головне із другорядного і встановити правильну послідовність розробки конструкції. Спроба скомпонувати одночасно усі елементи конструкції – це помилка, яка притаманна починаючим конструкторам. Отримавши завдання, яке визначає цільове призначення і параметри проектуємого агрегату, конструктор нерідко відразу вимальовувати конструкцію в цілому у всіх її деталях, з повним зображенням конструктивних елементів, надаючи компоновці такий вигляд, який повинне мати тільки збірне креслення конструкції в технічному або робочому проекті. Так конструювати не розумно. Утворюється механічне нанизування конструктивних елементів і вузлів, розміщених завідомо не доцільно.

Компоновку потрібно починати з рішення головних питань — вибору раціональних кінематичної і силової схем, правильних розмірів і форми деталей, визначення найбільш доцільного взаємного їх розташування. При компонуванні треба йти від загального до окремого, а не навпаки. З'ясування дрібниць конструкції на даному етапі не тільки некорисно, а й шкідливо, так як відволікає увагу конструктора від головних задач компонування і порушує логічний хід розробки конструкції.

Друге основне правило компонування – розробка варіантів, поглиблений їх аналіз і вибір найбільш раціонального. Помилково, якщо конструктор відразу задається напрямленням конструювання, вибравши перший ліпший тип конструкції, який прийшов у голову або приймаючи за зразок шаблонну конструкцію. Саме шкідливе на даному етапі проектування – піддатися психологічній інерції і мислити стереотипно. На початку необхідно продумати всі можливі рішення і вибрати з них оптимальне для даних умов. Це вимагає праці і дається не відразу, а в результаті пошуків, інколи тривалих.

Повна розробка варіантів не обов'язкова. Достатньо замальовків від руки олівцем, щоб отримати уявлення про перспективу варіанту і вирішити питання про доцільність продовження роботи над ним.

В процесі компоновання необхідно проводити розрахунки (хоч би орієнтовні і наближені). Основні деталі конструкції мають бути розраховані на міцність і жорсткість. Вибирати розміри і форми деталей “на око” не допустимо.

Неправильно всеціло опиратись і на розрахунок. По-перше, існуючі методи розрахунки на міцність не враховують ряду факторів, які визначають працездатність конструкції. По-друге, існують машини, які не піддаються розрахунку (наприклад, складні корпусні деталі). По-третє, необхідні розміри деталей залежать не тільки від міцності, але і від інших факторів.

Конструкція литих деталей визначається в першу чергу вимогами технології по литтю. Для деталей, які оброблюються механічно, потрібно враховувати опір зусиллям різання і надавати їм необхідну жорсткість. Деталі, що оброблюються термічно, не повинні бути достатньо масивними, з метою запобігання короблення. Розміри деталей керування треба вибирати з врахуванням зручності маніпулювання.

При конструюванні необхідно постійно враховувати питання виготовлення і з самого початку надавати деталям технологічно доцільні форми. Досвідчений конструктор, при компонуванні моделі, відразу робить її технологічною; початківець повинен постійно звертатися за консультацією до технологів.

Компоновку необхідно вести на основі нормальних розмірів (діаметри посадочних поверхонь, розміри шпоночних і шліцьових з'єднань, діаметри різьб і т.д.). Особливо це важливо при компонуванні вузлів з декількома концентричними посадочними поверхнями, а також ступінчатих деталей, форма яких в значній мірі залежить від градації діаметрів.

Одночасно слід добиватися максимальної уніфікації нормальних елементів. Елементи, що потрібні по конструкції основних деталей і вузлів, рекомендується використовувати і в інших частинах конструкції.

При компонованні повинні враховуватись всі умови, які визначають працездатність агрегату, розроблені системи змащування, охолодження, збирання - розбирання, кріплення агрегату і приєднання до нього суміжних деталей (приводних валів, комунікацій, електропроводки); передбачені умови зручного обслуговування, огляду і регулювання механізмів; вибрані матеріали для основних деталей; продумані засоби підвищення довговічності, збільшення зносостійкості з'єднань тертя, засоби захисту від корозії; вишукані можливості форсування агрегату і визначені їх межі.

Не завжди компоновання йде гладко. В процесі проектування часто знаходяться не помічені в початкових вишукуваннях недоліки, для усунення яких приходиться звертатися до раніше забракованих схем або розробляти нові. Окремі вузли не завжди створюються з перших спроб. Приходиться створювати "тимчасові" конструкції і доводити їх до необхідного конструктивного рівня в процесі подальшої праці. В таких випадках доцільно зробити перепочинок, після якого в результаті підсвідомої роботи мислення нерідко виникають удачі рішення. Після паузи конструктор дивиться на креслення по іншому і бачить хиби, що були допущені в період розвитку основної ідеї конструкції.

Іноді конструктор мимоволі втрачає об'єктивність, перестає бачити хиби вибраного варіанта і можливості інших варіантів. У таких випадках цінною являється безпристрасна думка сторонніх людей, вказівка старших, поради товаришів по роботі, навіть прискіплива критика. Більш того, чим гостріше критика, тим більшу користь вона дає конструктору.

На всіх стадіях компоновання варто вдаватися до консультацій виробничників і експлуатаційників. Чим ширше поставлене обговорення компоновання і чим уважніше конструктор прислухається до корисних

вказівок, тим краще стає компоунвання і створюється досконаліша конструкція.

Вартість проектних робіт складає незначну частку від вартості випуску машин (за винятком машин одиничного і дрібносерійного виробництва). Більш глибока проробка конструкції в кінцевому рахунку дає вигоду у вартості, термінах виготовлення і доведення, якості.

### **Техніка компоунвання**

Компоунвання краще вести в масштабі 1:1, якщо допускають габаритні розміри об'єкта проектування. При цьому легше вибрати потрібні розміри і поперечні січення деталей, скласти уяву про відношення частин конструкції, міцності і жорсткості деталей та конструкції в цілому. Разом з цим такий масштаб позбавить від необхідності про ставлення більшого числа розмірів і полегшить наступні процеси проектування, зокрема деталювання. Розміри деталей у цьому випадку можна брати безпосередньо з креслення.

Креслення в зменшеному масштабі, особливо яке перевищує 1:2, сильно ускладнює процес компоунвання, порушує пропорції і позбавляє креслення наглядності. Якщо розміри об'єкту не дозволяють застосувати розміри 1:1, то окремі вузли і агрегати об'єкту потрібно компоувати в натуральну величину.

Компоновку найпростіших об'єктів можливо розробляти в одній основній проекції. Форми конструкції в поперечному напрямленні сприймаються просторовим уявленням.

При компоунванні більш складних об'єктів вказаний засіб може викликати суттєві помилки. В таких випадках обов'язкова розробка креслень у всіх необхідних проекціях та січеннях.

Техніка виконання компоновочних креслень являє собою процес безперервних пошуків, випробувань, прикидок, розробки варіантів, їх співставлення і вибраковки недосконалих. Креслити потрібно з слабким натиском олівця, тому що при компоунванні перероблення йдуть одне за

другим, із за чого приходиться часто витирати накреслене. Січення можливо не штрихувати, а якщо і штрихувати, то тільки від руки. Не слід витрачати багато часу на вирисовування подробиць. Типові деталі і вузли (деталі кріплення, ущільнення, пружини, підшипники кочення) доцільно зображати спрощено.

### **Вибір конструктивних варіантів**

При розробці технічної системи конструктори шукають рішення, яке вважають за оптимальне. При цьому виходять з ступеню виконання системою заданих вимог, передбачених витрат і просто суб'єктивної оцінки конструкції. У ході пошуку оптимального рішення виконавець зіштовхується з багатокритеріальністю оцінки технічних систем. Багатокритеріальність означає, що ступінь досконалості системи, якість виконання нею своїх функції залежать від декількох вихідних характеристик. Часто ці характеристики суперечливі і найбільш сприятливі співвідношення між ними невідомі. У цих умовах багатокритеріальність системи викликає складності рішення задачі вибору, особливо якщо один з варіантів розробки переважає інші по одній групі критеріїв, але поступається їм по іншій. Задача вибору переважного варіанту вирішується завжди інтуїтивно технічним керівником, який опирається на думку експертів-спеціалістів.

### **Задача з розрахунком**

#### **Умова:**

Проектування технічного пристрою – обертового вала, що передає обертовий рух від двигуна до редуктора. Відомо, що двигун розвиває потужність 5 кВт при обертовій швидкості 1500 об/хв. Вал має бути виготовлений зі сталі, допустиме напруження на зсув  $\tau_{\text{доп}} = 60$  МПа.

Передбачено коефіцієнт запасу міцності  $k = 1,5$ .

Необхідно:

1. Визначити крутний момент, що передається валом.

2. Розрахувати мінімально допустимий діаметр вала.
3. Оцінити, чи відповідає отримане значення стандартним діаметрам і зробити конструктивний висновок.

**Розв'язання:**

Крок 1. Переведення обертів у рад/с:

$$n = 1500 \text{ об/хв} = 1500 / 60 = 25 \text{ об/с}$$

$$\omega = 2\pi n = 2 \times 3,14 \times 25 \approx 157 \text{ рад/с}$$

Крок 2. Розрахунок крутного моменту:

$$M = P / \omega = 5000 \text{ Вт} / 157 \text{ рад/с} \approx 31,85 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Крок 3. Урахування коефіцієнта запасу:

$$M_{\text{розрах}} = 31,85 \times 1,5 \approx 47,78 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Крок 4. Розрахунок діаметра вала:

$$\tau = (16 \times M) / (\pi \times d^3) \rightarrow 60 \times 10^6 = (16 \times 47,78) / (\pi \times d^3)$$

$$d^3 = (16 \times 47,78) / (\pi \times 60 \times 10^6) \approx 4,05 \times 10^{-5}$$

$$d \approx \sqrt[3]{4,05 \times 10^{-5}} \approx 0,034 \text{ м} = 34 \text{ мм}$$

Крок 5. Перевірка за стандартом:

Найближче стандартне значення – 35 мм.

**Висновок:**

Мінімально допустимий діаметр вала становить 34 мм. З урахуванням стандартних розмірів і запасу міцності доцільно прийняти діаметр вала рівним 35 мм. Це забезпечить достатню міцність при передачі обертального моменту, а також відповідність технологічним нормам виготовлення.

**Задача для самостійного опрацювання**

Двигун потужністю 3 кВт обертається зі швидкістю 1200 об/хв. Передача потужності здійснюється валом зі сталі, для якої допустиме напруження на зсув становить 50 МПа. Коефіцієнт запасу міцності — 1,6.

**Необхідно:**

1. Визначити крутний момент.

2. Розрахувати мінімальний діаметр вала.
3. Обрати стандартний діаметр з урахуванням запасу.

### **Контрольні запитання для перевірки знань:**

1. У чому полягає методика конструювання технічного пристрою?
2. Які фактори необхідно враховувати при визначенні діаметра вала?
3. Що таке коефіцієнт запасу міцності та як він враховується в розрахунках?
4. Як визначається крутний момент і яка його роль у розрахунках?
5. Чому важливо орієнтуватися на стандартні розміри при проектуванні деталей?
6. Посніть поняття багатокритеріальність оцінки технічних систем?
7. Що обов'язково виконується при компонованні складних об'єктів?
8. Які особливості техніки компоновання?
9. Від чого залежить термін введення машини в експлуатацію?
10. Як масштаб впливає на техніку компоновання?

## **Практичне заняття № 6**

### **Етапи проектування технічних пристроїв**

#### **Мета заняття:**

Проектування технічних пристроїв — це багатовступневий процес, який включає аналіз потреб, формування технічного завдання, розробку ескізного та технічного проекту, випробування і впровадження. Практичне заняття дозволить студентам зрозуміти структуру процесу проектування та виконати базові розрахунки.

## Теоретичні відомості

Процес проектування в загальному виді розпочинається з одержання технічного завдання, яке включає основні параметри майбутнього технічного пристрою. В загальному випадку роботи над технічною задачею відбуваються в 4 етапи:

1. Технічне пропонування;
2. Ескізний проект;
3. Технічний проект;
4. Робочий проект.

Порядок оформлення технічного завдання регламентує ДСТУ 3278-95; технічного пропонування, ескізного проекту, технічного проекту – ДСТУ 3321:2003 «Система конструкторської документації» (34010), ДСТУ ГОСТ 2.612:2014.

Технічне пропонування розроблюється в наступній послідовності:

1. Вивчення раніше створених конструкцій і постановка задачі:
  - Складання огляду існуючих рішень аналогічних або близьких конструкцій, їх вивчення, аналіз переваг та недоліків.
  - Вивчення результатів проведених досліджень в даній галузі.
  - Розробка і вибір критеріїв і представлення за їх допомогою ідеального кінцевого результату.
  - Визначення основних задач, які потрібно вирішити для досягнення оптимальних кінцевих результатів.
  - Постановка задачі.
2. Розробка можливих напрямків вирішення задачі:
  - 2.1. Прийняття попередніх значень для деяких пошукових величин на основі результатів виконаних досліджень.
  - 2.2. Постановка досліджень для одержання відсутніх характеристик фізичних процесів окремих механізмів і пристроїв.
  - 2.3. Визначення можливості розділення задачі на частини,

- визначення питань, які потребують найбільшої уваги при проектуванні.
- 2.4. Визначення найбільш технічних рішень та напрямків вирішення задач з урахуванням компоновочних, монтажних і експлуатаційних вимог.
  - 2.5. Визначення можливості усунення елементів, які раніше вважались необхідними, наприклад, шляхом передачі їх функцій іншим елементам.
  - 2.6. Пошук аналогічних або близьких рішень в інших областях техніки.
  - 2.7. Визначення і аналіз можливих варіантів конструктивних рішень.
  - 2.8. Повернення до вихідної постановки задачі і зміна її умов, якщо шляхи, що розглядались, не дають бажаних результатів.
3. Вибір раціонального напрямку вирішення задачі:
    - 3.1. Прийняття найбільш доцільного варіанту для проробки.
    - 3.2. Проробка прийнятих варіантів.
    - 3.3. Проведення досліджень конструкцій, що створюються на моделях та макетах.
    - 3.4. Вибір оптимального варіанту.
  4. Обговорення технічного пропонування і оформлення необхідних документів у відповідності з вимогами ЄСКД.

### **Ескізний проект**

Ескізний проект включає:

Розробку конструктивної схеми і компоновку технічного пристрою.  
Проробку під варіантів: вибір робочого варіанту на основі проведення технологічних досліджень; проробка технологічності; співставлення габаритних розмірів під варіантів, їх орієнтовних мас; оцінка естетичності,

ергономічності; визначення потреби необхідних матеріалів, технічного рівня, патентної чистоти.

Забезпечення необхідного технічного захисту нових рішень.

Попереднє узгодження з суміжними підприємствами проектування інших елементів необхідних для створення запропонованої конструкції.

### **Технічний проект**

При розробці технічного проекту виконуються детальні технічні розрахунки і детальна проробка конструкції. Особлива увага звертається на забезпечення високого рівня технологічності, в тому числі уніфікацію.

Остаточо визначаються складальні одиниці конструкції, встановлюються марки матеріалів і види заготовок всіх останніх деталей. Призначаються умови контролю і види випробувань, визначаються всі необхідні техніко-економічні показники, які співставляються з базовим зразком. Розроблюються креслення дослідного зразка. Останній проходить усесторонні випробування, в процесі яких здійснюється доведення конструкції.

Технічний проект принципово нової конструкції як правило обговорюється в колі спеціалістів.

### **Робочий проект**

В робочому проекті враховуються рекомендації прийняті при обговоренні, узгодженні і затвердженні технічного проекту, досвід виготовлення, випробувань і доводки дослідних зразків. Розроблюються робочі креслення всіх деталей, їх складальні одиниці з технологічною обробкою. Розроблюються технологічні процеси виготовлення деталей. Уніфікуються елементи конструкції і деталі з метою доведення до мінімуму необхідної номенклатури ріжучого інструменту. Встановлюються і уточнюються допуски і посадки, якість покриттів і зовнішнє оздоблення. Уточнюються техніко-економічні показники. Складаються повні комплекти

конструкторської і технологічної документації. Розроблюється конструкторська документація на технологічне оснащення, яке передається допоміжному виробництву. Співставляються і узгоджуються технічні умови, вимоги. Після розробки робочого проекту комісія з представників зацікавлених організацій проводить приймання дослідної конструкції з визначенням її технічного рівня і присвоєння категорії якості. Виконується проектування нестандартного технічного обладнання, якщо це необхідно.

### **Установочна партія або перший виробничий зразок**

Робоча документація надходить на основне виробництво, проводиться виготовлення і доведення технологічного оснащення, технологічна підготовка виробництва і виготовлення установочної партії з застосуванням технологічного оснащення.

Головний зразок (установочна партія) піддається всестороннім випробуванням і відбувається його здавання міжвідомчій або державній комісії, яка з урахуванням якості виробництва і в відповідності з технічними умовами присвоюють виробу категорію якості. Після цього розпочинаються поставки в промислове виробництво або поставки замовникам продукції.

### **Задача 1**

#### **Умова:**

На першому етапі проектування створюється технічне завдання для пристрою подачі матеріалу.

Відомо, що пристрій повинен переміщувати вантаж масою 20 кг зі швидкістю 0.5 м/с на відстань 2 метри.

Необхідно оцінити необхідну потужність електропривода, враховуючи ККД привода  $\eta = 0.85$ .

#### **Розв'язання:**

1. Спочатку визначимо силу, необхідну для переміщення вантажу:

$$F = m \cdot g = 20 \cdot 9.81 = 196.2 \text{ Н}$$

2. Механічна потужність без урахування втрат:

$$P = F \cdot v = 196.2 \cdot 0.5 = 98.1 \text{ Вт}$$

3. Потужність з урахуванням ККД:

$$P_{\text{потрібна}} = P / \eta = 98.1 / 0.85 \approx 115.4 \text{ Вт}$$

**Відповідь:**

Необхідна потужність електропривода  $\approx 115.4$  Вт

**Задача 2**

**Умова:**

На стадії ескізного проєктування потрібно підібрати редуктор для зменшення обертів електродвигуна з 1500 об/хв до 75 об/хв.

Визначити передавальне число редуктора.

**Розв'язання:**

Передавальне число визначається як відношення частоти обертання на вході до частоти на виході:

$$i = n_{\text{вх}} / n_{\text{вих}} = 1500 / 75 = 20$$

**Відповідь**

Передавальне число редуктора — 20

**Висновки**

Розрахунки свідчать про необхідність чіткого виконання кожного етапу проєктування: від визначення потужності до вибору механізмів передачі. Проєктування включає послідовні кроки: формування вимог, розрахунки, вибір компонентів і техніко-економічне обґрунтування.

**Задачі для самостійного опрацювання**

1. Визначити необхідну потужність привода, якщо маса вантажу — 50 кг, швидкість переміщення — 0.3 м/с, ККД — 0.8.
2. Визначити передавальне число редуктора для зменшення швидкості з 1000 об/хв до 50 об/хв.

## **Контрольні запитання**

1. Які основні етапи входять до процесу проєктування технічного пристрою?
2. Що таке технічне завдання і яка його роль у проєктуванні?
3. На якому етапі виконується підбір приводів і передач?
4. Як визначається потужність привода?
5. Які помилки можуть виникати при неправильному плануванні етапів проєктування?
6. Головний зразок (установочна партія) - ?
7. Основні роботи, що виконуються на стадії робочого проєкту?
8. На якому етапі розробляють конструктивну схему і компоновку технічного пристрою?
9. Порядок оформлення технічного завдання?
10. На якому етапі виконується оцінка естетичності та ергономічності?

## **Практичне заняття № 7**

### **Основи художнього конструювання**

#### **Мета заняття:**

Сформувати навички естетичного аналізу та розрахунків у процесі художнього конструювання об'єктів промислового дизайну. Ознайомити студентів з принципами гармонійного поєднання форми, пропорцій, кольору та функціональності виробу.

#### **Теоретичні відомості**

Назви промислове мистецтво, дизайн, технічна естетика та художнє конструювання з'явилися порівняно недавно серед вчених, архітекторів, художників, інженерів та інших спеціалістів, що працюють у галузі

художнього конструювання. Ще існують різні точки зору в визначенні цих назв та їх суті. Наприклад, відносно терміну промислове мистецтво одні стверджують, що промислове мистецтво – це дійсно мистецтво (близьке до прикладного). Інші бачать в ньому умовне мистецтво (замінник), як будівельне мистецтво, де застосовується не художня, а чисто технічна творчість. Треті вважають, що це дійсно нове явище, пов'язане з художньою діяльністю, а тому і з мистецтвом. Деякі ж взагалі заперечували його, вважаючи, що цей термін тільки вносить плутанину в сферу виробничої діяльності.

Вчені Варшавського художнього промислового коледжу (Польща) суть промислового мистецтва визначили як: “Промислове мистецтво представляє собою специфічну форму людської діяльності, мета якого – естетична організація середовища, що оточує людину, естетичне перетворення знарядь праці та речей, якими користується людина та які органічно входять в її життя. В сферу промислового мистецтва входять знаряддя праці, засоби транспорту, різноманітні інструменти та обладнання науково-дослідних інститутів, спортивний інвентар, музичні інструменти, медичне обладнання та предмети побуту.

Поряд з терміном промислове мистецтво широке розповсюдження отримав англійський термін дизайн (від англ. design - задум, проект) – творча діяльність, метою якої є формування гармонічного предметного середовища, яке найбільш повно задовольняє матеріальні та духовні потреби людини. Ця мета досягається визначенням формальних якостей предметів, які створюються індустріальним виробництвом. До них потрібно віднести не тільки зовнішній вигляд предметів, але головним чином зв'язки, які надають предметному середовищу необхідне функціональне та композиційне єдинство, яке сприяє підвищенню ефективності виробництва і якості продукції.

Термін технічна естетика виник в 50-х роках минулого століття за пропозицією П.Тучни (Чехія). Технічна естетика – це теорія дизайну. Вона має свою методологічну основу і опирається на загальні принципи естетики. Дизайн та технічна естетика повинні формувати гармонічне предметне середовище і сприяти підвищенню ефективності виробництва.

Термін художнє конструювання сьогодні є загальноприйнятим та звичним.

В архітектурній практиці під терміном конструювання розуміють детальну розробку предмету або сформованої ідеї. Розробку проекту звичайно прийнято називати проектуванням. В художників застосовується термін художнє проектування, а не художнє конструювання.

Художнє конструювання – новий творчий метод проектування виробів промислового виробництва, впровадження якого повинно забезпечити високу якість продукції. Специфічною особливістю - є єдинство утилітарних та естетичних принципів.

Під утилітарністю розуміють корисність, функціональність, зручність користування, технологічність та економічність, а під естетичністю – красоту, виразність та образність. Ці два поняття взаємопов'язані, причому утилітарне в більшості випадків залишається визначним та домінуючим. Коли в минулому йшла мова про художню культуру, здебільшого це сприймалось як театр, образотворче мистецтво, література та інші види мистецтв, але не враховувалось те, що культура представляє собою трудову діяльність, і слугує подальшому прогресивному росту художніх та матеріальних цінностей створених людством в розвиток суспільства.

Існує безпосередній зв'язок дизайну з іншими видами мистецтва, наукою та технікою. Архітектура, прикладне мистецтво та дизайн розміщені ближче інших мистецтв до сфери матеріального виробництва. Вони перетворюють матеріальні вироби, які потрібні людині в її повсякденному житті, в вироби, які мають не тільки утилітарні якості, а також художню цінність і спроможність емоціонального впливу на людину.

Об'єкти дизайну та архітектури функціонально, конструктивно і композиційно взаємопов'язані. Цей зв'язок двосторонній, оскільки будови різного призначення не можуть функціонувати без технологічного обладнання, меблів, як і останні в більшості випадків не потрібні без відповідних приміщень.

Разом з тим архітектура та дизайн істотно відрізняються терміном служіння своїх об'єктів, різними функціональними процесами. Їх взаємодія знаходиться на різних структурних рівнях предметного середовища.

Сьогодні існує декілька точок зору на визначення суті і сфери застосування дизайну. Так, з точки зору художників, дизайн відноситься до сфери мистецтва, з точки зору архітекторів – до сфери архітектурно-художньої діяльності, з точки зору інженерів – до сфери техніки. Не дивлячись на деякі принципи розбіжності названих сфер діяльності, кінцева мета у них одна – підняти культуру матеріально - предметного середовища, на найвищий науково-технічний і художньо-естетичний рівень шляхом синтезу науки, техніки та мистецтва.

### **Принципи художнього конструювання**

Художнє конструювання – новий метод проектування виробів промислового виробництва, впровадження якого повинно забезпечувати високу якість продукції.

Основною метою художнього конструювання є активне пере-творення середовища оточення людини, естетизація матеріальної сфери праці та побуту.

В сфері діяльності дизайнера існують різні напрямки (спеціалізації) з яких найбільш розповсюджені: приладобудування, машинобудування, засоби транспорту, вироби легкої промисловості (побут), інструменти, промислова графіка та інше.

Процес художнього конструювання виробів промислового виробництва та технічних систем досить складний. За методикою цей процес за багатьма

факторами аналогічний процесу архітектурного проектування, а в окремих випадках ще складніший.

Готових рекомендацій про те, як зробити визначений про - мисловий виріб вдосконалим в технічному та художньому відношеннях, дати неможливо. В кожному окремому випадку потрібно окремий підхід, який залежить від визначних умов. Але існують принципи та об'єктивні закономірності, що витікають з закономірностей природи.

Визначені три основні принципи художнього конструювання виробів промислового виробництва:

- комплексне, одночасне вирішення утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних, економічних та естетичних питань;
- врахування навколишнього середовища та конкретних умов;
- єдність форми та змісту (образність).

Комплексне, одночасне вирішення утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних, економічних та естетичних питань.

Визначними, які підчиняють собі всі останні, являються питання утилітарно-функціональні. Речі, які зроблені людиною мають своє призначення і виконують визначені функції. Всяка річ (предмет, виріб) незручна в експлуатації і яка не відповідає утилітарно-функціональним вимогам, являється поганою. Погані меблі, незручні у побуті; поганий той інструмент, який намозолює руки; погана та машина чи верстат, якщо вони незручні в експлуатації та малопродуктивні. При вирішенні форми виробу в цілому та окремих його частин потрібно в першу чергу домагатися того, щоб форма в максимальній ступені відповідала його утилітарно-функціональному призначенню. Тому проектування та конструювання будь-яких речей потрібно починати з вивчення їх утилітарного призначення та функції.

В сучасній проектній та конструкторській практиці суть першого принципу можливо коротко висловити наступним формулюванням:  
користь + зручність + краса

Кожний член цієї формули представляє собою сукупність визначених факторів: перший – техніко-економічних; другий – ергономічних; третій – естетичних. Тому в процесі художнього конструювання повноцінний результат можливо отримати тільки при взаєморозумінні та творчій співпраці дизайнера, інженера-конструктора, технолога, ергономіста та інших. Недопустимо не враховувати основні якості виробу (зручність та функціональність) для спрощення конструкції та технології виготовлення.

Наглядним прикладом врахування першого принципу художнього конструювання в історичному етапі є конструкції автомобілів минулих років та сучасності. Машини минулих років сконструйовані примітивно, без врахування методів художнього конструювання. Більшість представлених сучасних машин відповідають утилітарно-функціональним, конструктивно-технологічним, ергономічним, економічним та естетичним вимогам.

Вироби та обладнання промислового виробництва потрібно проектувати з урахуванням утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних та естетичних функцій.

### **Врахування навколишнього середовища та конкретних умов**

Виріб повинен відповідати навколишньому середовищу та конкретним умовам.

Розглянемо декілька прикладів:

Планування та конструкція автобуса, призначеного для міського транспорту, та автобусу для рейсових перевезень на великі відстані, повинні бути різними. В першому випадку потрібно забезпечити більш просторі проходи за рахунок місяць для сидіння, двоє дверей – вхід та вихід. У другому випадку, навпаки, потрібно використовувати максимально площу для сидячих місць з одним виходом і входом. У цьому випадку потрібно враховувати конкретні умови.

Транспортні засоби пересування в умовах півночі або півдня, через різні кліматичні, умови повинні відрізнятись. За конструктивним рішенням та за матеріалом транспортні машини повинні створюватись з урахуванням температурно-вологісного режиму та інших конкретних умов.

Питання вибору кольору для фарбування виробничих приміщень та обладнання неможливо вирішувати в загальному вигляді без врахування конкретних умов. Відомо, що від вибору кольору в інтер'єрі залежить хід характеру виробничого процесу, абсолютних розмірів обладнання, величини та завантаженості виробничих площ, освітленості приміщення і т.п.

Таким чином, ні одне явище, ні одну річ неможливо взяти і розглядати ізольовано у відриві від конкретних умов, так як всі явища взаємопов'язані і взаємообумовлені. Тому, не знаючи оточення, неможливо спроектувати предмет, виріб, деталь і т.д.

### **Єдність форми та змісту (образність)**

Цей принцип, з точки зору художньо-естетичної, соціальної та ідеологічної, є найбільш складним та відповідальним в художньому конструюванні. Наприклад, відомо, що на протязі віків формується архітектура різних будівель та споруд, у відповідності до їх змісту. В історичному процесі розвитку архітектурні форми змінювались разом з прогресивним розвитком науки, техніки, мистецтва та соціальними умовами життя людей. Ці зміни форм та зразків в утилітарних мистецтвах складались головним чином при появі нових матеріалів та конструкцій, нових соціально-економічних та побутових умов, при розвитку продуктивних сил суспільства. Образ різних типів будівель та виробів дизайну формується в складному творчому процесі з урахуванням основних принципів, в тому числі і принципу єдності форми та змісту.

## Задача 1.

### Умова:

Розробляється дизайн корпусу побутового електроприладу. Висота корпусу становить 240 мм, ширина — 160 мм, глибина — 120 мм.

Перевірити гармонійність пропорцій за допомогою правила «золотого перетину», яке передбачає відношення сторін приблизно як 1:1.618.

### Розв'язання:

Золотий перетин = 1.618

Співвідношення висота/ширина:  $240 / 160 = 1.5$

Співвідношення ширина/глибина:  $160 / 120 = 1.33$

Порівнюючи з 1.618:

- Висота до ширини = 1.5 (близько до золотого перетину)
- Ширина до глибини = 1.33 (менше за золотий перетин)

### Висновок:

Пропорції корпусу є відносно гармонійними, однак можливо вдосконалити глибину, зменшивши її до ~99 мм для відповідності принципу золотого перетину.

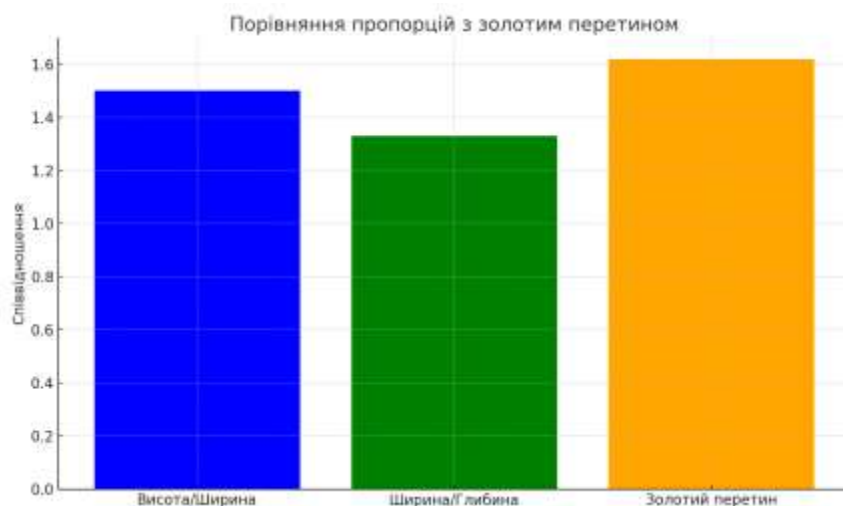


Рисунок 7.1 – Порівняння пропорцій з золотим перетином

## Задача 2

### Умова:

Під час проектування пульта керування використано прямокутну форму розміром 300 мм × 180 мм. Згідно з принципами художнього

конструювання, доцільно використовувати візуальний центр (точку фокусу) для розміщення основного елемента управління. Знайти координати візуального центру за формулами:  $x = \text{ширина} \times 0.618$ ,  $y = \text{висота} \times 0.618$ .

**Розв'язання:**

$$x = 300 \times 0.618 = 185.4 \text{ мм}$$

$$y = 180 \times 0.618 = 111.24 \text{ м}$$

**Відповідь:** Координати візуального центру — (185.4 мм, 111.24 мм)



Рисунок 7.2 – Розміщення візуального центру на панелі

**Задача для самостійного опрацювання**

Розробляється корпус побутового фена розміром 210 мм у довжину, 90 мм у висоту і 70 мм у ширину.

Перевірити пропорції корпусу за принципом золотого перетину і визначити, чи є можливість зробити їх більш гармонійними.

Побудувати просту схему корпусу з розміткою візуального центру.

**Контрольні запитання**

1. Що таке художнє конструювання і яка його роль у промисловому дизайні?
2. Що таке «золотий перетин» і як він застосовується в дизайні?
3. Які існують принципи гармонізації форми в технічному дизайні?
4. Що таке візуальний центр і як його визначити?

5. Як художнє конструювання впливає на функціональність виробу?
6. Який принцип, з точки зору художньо-естетичної, соціальної та ідеологічної, є найбільш складним та відповідальним в художньому конструюванні?
7. Розкрийте сукупність визначених факторів і їх значимість складових формули (користь + зручність + краса) ?
8. Поясніть вислів єдинство утилітарних та естетичних принципів?
9. Як Ви розумієте зв'язок дизайну з видами мистецтва, наукою та технікою?
10. Художнє конструювання – що це?

## **Практичне заняття № 8**

### **Основи ергономіки та охорони праці при проєктуванні технічних пристроїв**

#### **Мета заняття**

Ознайомлення з основами ергономічного проєктування та принципами охорони праці під час створення технічних пристроїв. Формування практичних навичок розрахунку ергономічних параметрів робочих місць, визначення безпечних умов праці та оцінки впливу шкідливих виробничих факторів.

#### **Теоретичні відомості**

Ергономіка – комплексна наука про пристосування знарядь і умов праці до людини. Її мета – вивчити функціональні можливості людини, її фізіологічні, гігієнічні і психологічні вимоги до машини і робочого місця.

Технічна ефективність сучасних машин багато в чому визначається не тільки їх робочими характеристиками, але і тим, на скільки легко і точно людина-оператор керує машиною на протязі довгого періоду контакту. Це в свою чергу, визначається як конструкцією машини, так і способом подачі

людині-оператору інформації, розміщенням органів керування, силою і точністю рухів оператора при управлінні. Машина повинна легко управлятися, а оператор повністю реалізувати можливості машини.

У зв'язку з сучасними вимогами до системи людина – машина встановлені наступні групи комплексних ергономічних показників: гігієнічні (освітленість, вентиляція, температура, вологість, шуми, вібрація і т.д.); антропометричні (відповідність конструкції виробу розмірам і формі тіла людини, розподілення маси його тіла і т.д.); психофізіологічні і фізіологічні (відповідність конструкції виробу силовим, швидкісним, енергетичним зоровим, слуховим, осмисленим, тактичним, чуттєвим і смаковим можливостям людини); психологічні (відповідність закріплених і знову формуємих робочих навиків людини до її можливостей сприймати і перероблювати інформацію).

Виконання сукупності перерахованих показників, в проекті тої чи іншої системи, забезпечуються оптимальними умовами взаємодії оператора і машини, що за рядом технічних, технологічних, економічних і інших причин не завжди здається можливим. Тому допускаються коливання ергономічних показників в визначених межах. Встановлено чотири типи умов :

- важкі, робота в яких потребує часткової або повної ізоляції від зовнішнього середовища (скафандри водолазів і космонавтів);
- некомфортні, при яких один із показників умов роботи різко відрізняється від допустимих (температура в ливарних цехах, робота в кесонах, свічення дуги при дуговому зварюванні і т.д.);
- комфортні – задовільно відповідають вимогам людського організму;
- високого комфорту – ідеально відповідають людині.

У відповідності з зонами комфортності розробляються органи взаємодії оператора і машини, а також засоби захисту оператора. Виконанням вимог комфортності забезпечуються такі головні показники якості системи людина-машина (СЛМ), як швидкодія та надійність. Швидкодія визначається часом проходження інформації по замкнутому контуру людина-машина:

$$T_y = \sum_{i=1}^K t_i,$$

де,  $T_y$  – час затримки (обробки) інформації в  $i$ -й ланці системи;

$K$  – число послідовно з'єднаних ланок СЛМ, в якості яких можуть виступати як технічні ланки, так і оператори.

Надійність характеризує безпомилковість (правильність) рішення задач, які ставляться перед СЛМ і оцінюються вірогідністю правильного вирішення задачі, яка за статистичними даними визначається відношенням:

$$P_{np} = 1 - \frac{m_{ош}}{N},$$

де,  $m_{ош}$ ,  $N$  – відповідно число помилково вирішених і загальне число задач, що вирішуються.

Точність роботи оператора (не слід плутати з надійністю) характеризується ступенем відхилення деякого параметра, який вимірюється, встановлюється або регулюється оператором, від його потрібного значення. Точність оцінюється похибкою:

$$|\gamma| = I_{TP} - I_{OPT}$$

де,  $I_{TP}$ ,  $I_{OPT}$  – відповідно значення необхідного параметра і того, який вимірюється (регулюється) оператором.

Своєчасне вирішення технічної задачі системою людина-машина оцінюється вірогідністю того, що задача буде вирішена за час, який не перевищує допустимий:

$$P_{cv} = P\{T_y \leq T_{дон}\} = \int_0^{T_{дон}} \varphi(T) dT$$

де,  $\varphi(T)$  – функція щільності часу вирішення задачі системою. Ця ж вірогідність за статистичними даними:

$$P_{cv} = 1 - \frac{m_{н.с}}{N}$$

де, тн.с – число несвоєчасного вирішених задач.

На базі показників надійності і своєчасності використання загальний показник надійності:

$$P_{счм} = P_{пр} \cdot P_{св}$$

Роботу оператора, не дивлячись на всю її різноманітність, можливо представити в вигляді чотирьох основних етапів:

- прийом інформації;
- оцінка і переробка інформації;
- прийняття рішення;
- реалізація прийнятого рішення.

Кожний етап безпосередньо визначається технічними рішеннями, прийнятими в конструкції машини, механізмами керування і приладами інформації. На оцінку і переробку інформації впливає спосіб її кодування, об'єм відображення, динаміка змін та інше. Виконання керівного руху залежить від числа органів управління, їх типу і способу розміщення, а також від набору характеристик, які визначають ступінь зручності роботи з окремими органами управління (розмір, форма, сила і т.д.).

З метою створення оптимальних умов оператору в процесі розробки машин на різних етапах і різними методами проводиться комплексний аналіз технічного пристрою або машини, що розроблюється:

- позиційний, при якому виявляють положення тіла оператора при роботі і відповідність йому розміщення органів управління і контролю;
- динамічний, який дозволяє виявити траєкторію рухів оператора, зміну поз, тривалість робочих операцій;
- аналіз взаємодії оператора з машиною, при якому уточнюється значимість технологічних операцій, визначається частота використання всіх органів управління і контролю;
- аналіз сил, які прикладаються до органів керування, їх направлення, траєкторії і ступінь плавності рухів;

- аналіз інформації і засобів її відображення (ЗВІ) (вимірювальних, сигнальних, надписів, мнемосхем та ін.).

### **Ергономічний аналіз машини**

Мета проведення ергономічного аналізу - відпрацювання ергономічних показників машини або технічного пристрою, що створюється. Для цього використовуються експерименти на макетах і моделях, а безпосередньо при проектуванні – прийоми сомотографії, які базуються на анатомії людського тіла і антропометрії. При цьому використовуються схематичні відображення людського тіла в різних положеннях для визначення пропорціональних відношень людини і машини.

### **Аналіз робочого простору**

Під робочим простором в СЛМ розуміється той простір, на який розповсюджується вплив людини під час роботи. Вважається, що робочий простір організовано раціонально, якщо оператор легко і швидко дістає і бачить всі елементи, необхідні для роботи. Так, висота зони роботи руками повинна вибиратись з таким розрахунком, щоб оператор міг зручно сидіти, при необхідності спиратися на підлокітники, і не був змушений приймати при роботі незручну робочу позу. Органи управління повинні розміщуватись на 200...300 мм вище переднього краю сидіння і на відстані 450...600 мм від спинки крісла. В переведеному положенні "на себе" відстань від рукоятки важеля до спинки крісла повинна бути не менше 350 мм і не більше 700 мм. В залежності від ходу педалі (50...150 мм) відстань педалей від спинки крісла повинна знаходитись в межах 920...810 мм.

При аналізі робочого простору перевіряють розміри кабіни, її просторість, зручність і вільність переміщення, чи зручно оператору займати робоче місце. Оцінюють оптимальність розміщення робочого місця в кабіні і обладнання, яке входить в склад робочого місця (ЗВІ, органи управління, інструменти, полки та ін.). Перевіряють наявність необхідних інструкцій,

попереджуючих надписів і знаків, які допоможуть оператору швидко, точно і безпечно виконати робочі операції. Оцінюють зручності огляду з кабіни, робочу позу оператора, її зручність і зміни під час виконання операцій, робочу зону ніг, покриття підлоги. Перевіряють досяжність оператором органів керування і іншого обладнання, що знаходиться в кабіні, чи не закривають руки оператора під час роботи прилади, не зменшується при цьому огляд органів управління.

При створенні робочого простору важливим фактором являється робоче крісло оператора, призначення якого заключається не тільки в тому, щоб знизити навантаження на ноги людини, але і створити сидячому опору для того, щоб він міг підтримувати стабільну позу під час роботи і розслабити ті м'язи, які не приймають участі в роботі. Перший признак вдалої конструкції крісла – відповідність його розмірів антропометричним даним оператора. Висота сидіння не повинна перевищувати висоту ноги до підколінного вузла при зігнутому під прямим кутом коліна. Якщо висота сидіння більше, оператор буде відчувати надмірний тиск на нижню частину стегон. Бажано, щоб висота сидіння регулювалась. Глибина сидіння (відстань від спинки до переднього краю) повинна бути такою, щоб запобігти тиску краю сидіння на підколінну ямку й ікри ніг. Ширина сидіння визначається головним чином достатньою площею для стегон і тазу.

Підлокітники обмежують рух, але в деяких випадках забезпечують бокову опору для тіла оператора, а також для рук; можуть використовуватися для упора рук, коли оператор сідає в крісло або підводиться з нього.

Спинка сидіння повинна забезпечувати добру опору для спинного і грудного відділів хребта. Кут між навантаженим сидінням і спинкою повинен бути не менше 95 градусів. Поверхня сидіння повинна бути горизонтальною, але краще мати нахил від переднього краю до спинки, рівний 5 градусів, нахил вперед не дозволяється. Обшивка (покриття) сидіння - достатньо шорстка, щоб запобігти ковзанню тіла, але не настільки, щоб заважати

сидячому змінювати позу. В той же час матеріал обшивки - міцний, повітропроникний, вібродемпфіруючий і легко піддається пранню.

Підлокітники, мм:

- висота	210...230
- ширина	не менше 50
- довжина	250...200

### **Аналіз засобів відображення інформації (органів контролю і сигналізації)**

Інформація, що надходить від машини до оператора, має важливе значення для її ефективного використання, тому що про стан машини, характері відхилень робочих параметрів, результаті своїх дій оператор судить за даними ОСІ, основними з яких є контрольно-вимірювальна апаратура, лічильники, світлове табло, мнемосхеми, цифрові лампи, монітори, дисплеї і т.д.

Основні ергономічні вимоги, запропоновані до СОІ: інформація, одержувана оператором від СОІ, повинна бути точною і своєчасною, в обсязі, що відповідають реальним можливостям людини по її переробці і достатньому для оцінки ситуації, прийняття правильного рішення і контролю за його виконанням.

Форма інформації повинна бути зручною для її використання (перекодування, перерахунки, переведення даних з однієї системи в іншу – не допустимо). Оператор сприймає візуальну (зорову), звукову (акустичну) і дотикову (тактильну) форми індикації. В машинобудуванні частіше інших застосовується візуальна індикація: стрілочні прилади, лічильники, лімби, графічні індикатори та ін. На читання показників (процес прийому інформації) великий вплив мають окремі елементи приладів: шкали, стрілки, цифри, штрихи, відстань між відмітками, компоновка приладу і т.д. Так, цифри на шкалах, позначки, стрілки повинні добре констатувати за тоном з лицьовою частиною приладу і бути достатньо освітленими. Рухома стрілка

на нерухомій шкалі, краще рухомої шкали з фіксованою відміткою. Цифри шкали повинні збільшуватись за напрямком руху за ходом часової стрілки зліва направо або знизу вверху. Початок і кінець шкали потрібно виразно позначати. Оптимальний розмір лінійних шкал становить 62...72 мм по довжині, інколи допускається менше 55 або більше 100...125 мм. Оптимальна ширина штриха в стрілочних приладах рівна 0,8...1,0 мм. Цифровані штрихи повинні бути в 2-4 рази товщі і в 2-2,5 рази довші інших. Стрілки не повинні закривати цифри на поділках шкал. Їх встановлюють так, щоб можливість помилки зчитування із-за візуального паралакса була мінімальною. Важлива довжина стрілки. Коли видно тільки кінець стрілки, або вона не дістає до ділень шкали, помилки зчитування значно виростають.

Нормальна лінія спостереження (або погляду) оператора проходить на 10 градусів нижче лінії горизонту при роботі стоячи і на 15 градусів – сидячи. Тому з урахуванням основних зон зорового поля людини СОІ рекомендується розташовувати по вертикалі в границях 0...30 градусів вниз від лінії погляду. Гранично допустимим розміщенням потрібно вважати 30 градусів вверху і 40 градусів вниз від лінії погляду і у горизонтальній площині під кутом  $\pm 30$  градусів від сагітальної (серединної) площини. Фронтальні частини індикаторів виставляються перпендикулярно до лінії погляду.

Допоміжні прилади і пристрої, які не використовуються оператором в основній роботі, виносять за поле зору оператора.

Необхідно також мати в виду, що час зчитування показників приладів залежать від перепадів відстаней між ними за глибиною, тобто від різниці відстані до ока. Так, при переносі погляду з прибору, розташованого на відстані 66 см від ока, на прибор, розташований на відстані 99 см, час зчитування показників збільшується на 5-14%. При переносі погляду з першого прибору (66 см від ока) на прибор, який знаходиться на відстані 114 см, час зчитування збільшується на 8...21%.

При аналізі засобів відображення інформації визначаються типи індикації (звукова, зорова, дотикова) і раціональність розподілення

інформації між типами індикації. Встановлюється наявність пристроїв, що сигналізують про аварійні ситуації, способи подачі аварійного сигналу, розміщення його в зонах для сприйняття, наявність перешкод для сприйняття сигналу (шум і інші). Оцінюються розбіжність органів контролю, сигналізації в зонах зорового поля оператора, зручність сприйняття панелі приладів, розміщення приладів по глибині. Визначаються кут нахилу панелі приладів до лінії погляду оператора, наявність і розміщення написів, що відносяться до органів контролю і сигналізації, кольорове вирішення панелі. Дається ергономічна характеристика шкал, що включає в себе форму і розміри шкал, виконання написів на них, контраст з фоном і т.д.

### **Аналіз органів управління**

Зручність обслуговування машини забезпечується мінімальними затратами часу на виконання операцій управління, антропометричною відповідністю, невеликими витратами фізичних сил при маніпулюванні органами керування, раціональним розміщенням приладів і органів управління, які позбавляють оператора від зайвого напруження пам'яті і уваги.

За конструктивним виконанням органи управління розподіляються на ряд підгруп: кнопки, тумблери, рукоятки, селекторні перемикачі, педалі, важелі, штурвали, активні дисплеї і т.д.

При їх виборі і розміщенні потрібно враховувати загальні інженерно-психологічні вимоги.

Органи управління необхідно розміщувати з урахуванням принципу економії рухів. Це значить, що їх кількість і траєкторії повинні зводитись до мінімуму, сам рух повинен бути простим і ритмічним. В зоні оптимального візуального контролю і досяжності розташовують найбільш важливі і такі, що часто використовуються органи керування. В особливу групу виділяють аварійні і ті, якими користуються "наосліп". Їх розташовують в місцях, легкодоступних при будь-якому положенні оператора. Для полегшення

керування, зменшення помилок і часу пошуку потрібного органу використовують різні методи кодування: кольором, формою, ояснювальними надписами та ін. Надписи повинні бути короткими, мати тільки загальноприйняті скорочення.

Прості рухи керування типу "включити-виключити" завжди виконуються при поступових рухах рук або ніг за допомогою кнопок, рукояток, педалей, важелів, тумблерів, при цьому рух на себе і від себе здійснюється легше, чим рух в сторону. Кожний тип органів керування має свої конструктивні особливості, продиктовані антрометричними особливостями людини. Так, форма кнопок, їх розміри повинні враховувати анатомічну постановку пальців руки людини. Найбільш зручні, особливо при частому використанні, кнопки чотирьох кутової форми з закругленими кутами або закругленою верхньою виїмкою. Для покращення фіксації пальця на кнопці в ній повинна бути неглибока насічка або виїмка. Оптимальне розташування кнопок – на рівні ліктя сидячої людини.

Рукоятки вимикачі (тумблери) рекомендується розташовувати горизонтальними рядами. Відстані між ними повинні бути не менше 20 мм, а опір зусиллю при довжині тумблера до 30 мм складати 3...5 Н, при довжині 50 мм – 10 Н. Бажано, щоб переключення супроводжувалось звуком.

Маховики (штурвали) повинні мати нахил до 45 градусів в вертикальній площині, а їх центр потрібно розташовувати приблизно на висоті ліктя (близько 230 см від поверхні сидіння).

Поверхня ободу маховика добре оброблена і не має гострих ребер.

Важелі застосовуються в системах управління для швидкого руху і перемикачів при короткому ході, середніх і великих зусиллях. Рух важеля до себе точніше, чим від себе, як і рух ввєрх-вниз, а не вправо вліво.

Педалі повинні розташовуватися ближче до повздовжньої осі тіла оператора (відхилення не більше 100 мм). Відстань між педалями по осях рекомендується 200...450 мм. Довжина педалей, які часто і тривало

використовуються – 280...300 мм, для короткочасного і рідкого натискування – 75 мм, на їх поверхнях виконують насічки (рифлення).

Для досягнення оптимальних результатів прилади СОІ і органи керування машиною повинні розташовуватися в робочому просторі у відповідності з логікою діяльності людини. При цьому в основу розміщення приладів і органів управління можливо покласти наступні принципи:

- функціональна відповідність – прилади і органи керування групуються на панелі по узагальненому відображенню ними показників процесу (манометри в одній групі, витратоміри в другій і т.д.);

- важливість частоти використання – прибори найбільш відповідальні, які мають важливе значення і найбільш часто використовуються, розміщуються там, де умови для їх сприйняття і використання найкращі, в доступному для оператора місці, в межах оптимальної зони поля зору і поля досяжності. В особливу групу виділяють аварійні органи управління і ті, якими користуються "наосліп". Вони повинні не тільки відрізнитись від звичайних, але і бути просторово віддаленими від них;

- за послідовністю і використання – прибори і відповідні їм органи управління розташовують всередині функціональних груп в тій послідовності, в якій людина-оператор завжди зчитує їх показники. Завжди ця послідовність відповідає стереотипу читання книги – зліва направо і зверху вниз;

- узгодженість розташування (картинність). Взаємне розташування приладів погоджують з просторовим розташуванням вузлів машини.

### **Аналіз факторів виробничого середовища**

Фактори виробничого середовища (температура, повітря, освітлення, шум, вібрація та ін.) значно впливають на функціональний стан і працездатність оператора.

Так, висока температура разом з високою вологістю повітря негативно позначається на працездатності і на деяких психологічних функціях людини.

Знижується розумовий об'єм оперативної пам'яті, погіршується увага, уповільнюється протікання рахункових операцій і ін. Оптимальна температура повітря в залежності від виду роботи, що виконується – 18...24оС.

При освітленні робочого місця оператора необхідно уникати різкої контрастності освітленості об'єкта робочої операції і навколишнього фону, не допускати джерел блиску в полі зору, ритмічного чергування темних і світлих поверхонь.

Вібрація – основний механічний фактор виробничого середовища. При вібраціях знижується гострота зору, з'являється головна біль, головокружіння, атрофія в'язів верхніх і нижніх кінцівок. В більш важких випадках можлива поява вібраційної хвороби.

Слід мати на увазі, що людина гірше переносить вертикальні коливання, ніж горизонтальні. Найбільш небезпечна вібрація з частотою 6...8 Гц, так як в цьому діапазоні лежить власна частота коливань тіла, голови і черевної порожнини людини.

### **Аналіз експлуатаційних властивостей**

Основні ергономічні критерії добре сконструйованої машини: безпека, ремонтпригодність і зручність обслуговування. Деталі, вузли, блоки, які часто замінюються, повинні бути не тільки легкодоступні, але і розташовані таким чином, щоб їх зняття або заміна не вимагали допоміжного розбирання машини.

Періодичне мащення поверхонь тертя потрібно здійснювати без розбирання вузлів. Окремі точки мащення слід позначити надписами з вказівкою сорту мастильних матеріалів і періодичності мащення. В кожухах і корпусних деталях, особливо зварних, не повинно бути гострих країв і кутів, які можуть стати причиною травми під час роботи.

## **Питання охорони праці і навколишнього середовища при проектуванні машин**

Постійно зростаючі соціальні потреби ставлять задачу забезпечення комфортних умов праці для операторів машин, проведення робочих процесів при дотриманні вимог екології навколишнього середовища. На теперішній час розроблені вітчизняні і міжнародні стандарти в цій області. Ергономічні показники машин – це складова частина групи властивостей, сукупність яких визначає якість машини.

Відповідність виробу загальним вимогам безпеки встановлюється ДСТУ 7748:2015, який визначає наступні групи вимог:

- загальні вимоги безпеки до машини в цілому;
- до робочого місця машиніста і кабіни;
- до органів управління машиною;
- до силових установок, робочих органів, пневмо- і гідросистем, ходової частини;
- до електрообладнання, освітлення, сигналізації.

Оператори машин працюють в умовах, коли прийом і переробка інформації поєднується з виконавчими і керуючими діями. Здійснюючи робочий процес, оператор реалізує свої можливості (фізіологічні, психологічні), впливаючи на органи управління. Задача просторової організації робочого місця – вирішальна для забезпечення ефективності, надійності, безпеки роботи оператора і збереження його здоров'я. Практика експлуатації будівельних машин показує, що більше 20% нещасних випадків відбувається через недостатню оглядність. В той же час рівень працездатності оператора багато в чому залежить від розташування органів управління. Тому, при проектуванні робочого місця самохідних будівельних машин слід пам'ятати, що останні працюють в умовах інтенсивного маневрування, у взаємодії з другими машинами і людьми на обмеженому просторі будівельних майданчиків. Внаслідок цього задача оптимізації моторного поля заключається в забезпеченні відповідності розташування

органів управління машиною антропологічним, психологічним і біологічним можливостям оператора. Виконання цих вимог досягається різними конструктивними рішеннями. Наприклад, баштові крани обладнують уніфікованими кабінами, фасад яких виконаний в вигляді ліхтаря просторової конструкції, і світлові прорізи розташовані за основними напрямками забезпечення огляду. Січення стійок віконних прорізів вибрані з урахуванням вимог безпеки. Органи управління краном об'єднані в компактні блоки і розміщені в зонах, що забезпечують раціональну позу оператора і безпеку роботи.

Задовільні результати дає конструкція органів управління з регулюванням положення, особливо тих, використання яких в процесі роботи обмежено. Так, рульове колесо (кермо) пневмоколісних екскаваторів використовується не більше 5% чистого часу роботи. Розробка конструкції кріплення колеса на шарнірному кронштейні дозволяє вилучити його з зони оглядності. При цьому огляд збільшується на 50 %.

В кабінах машин лобове і заднє скло повинно забезпечуватися склоочисниками, а також обігрівом від обледеніння. При експлуатації машин в холодних кліматичних зонах скло обдувається теплим повітрям. В конструкції робочого місця необхідно забезпечувати виконання операцій в граничних зонах моторного поля. Важелі управління розташовують з урахуванням частоти їх включення. Так, машиніст екскаватора виконує 4310 включень за годину, бульдозерист – 1000. Важелі і педалі управління, які використовуються досить часто, розташовують в оптимальній зоні і зоні легкої досяжності.

Не менш важливі питання забезпечення шумо-віброзахисту. Граничні і еквівалентні рівні звуку складають 85 дБ (ДСТУ ЕН 1299:2019 «Вібрація та удар механічні. Віброізоляція машин. Інформація...»), ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації»). Будівельні машини мають джерело шуму, як аеродинамічного, так і структурного характеру. Найбільш значні аеродинамічні джерела: випускна система двигуна, вентилятор системи

охолодження, системи впуску повітря. Боротьба з шумами ведеться як в джерелі (активний захист), так і на шляху його розповсюдження (пасивний захист). Зниження шуму в джерелі досягається рівновагою обертових мас, зменшенням швидкості руху і частоти обертання, жорсткості і маси взаємодіючих деталей, твердості поверхонь контакту, зміною кінематичної схеми, застосуванням пружно в'язких матеріалів, зменшенням допусків на виготовлення і складання деталей і вузлів, забезпеченням щільного прилягання дотичних деталей в місцях їхнього зв'язку, покриттям деталей вібродемпферними матеріалами і т.п. Значний ефект дає використання віброзахисних сидінь, зв'язаних з підлогою через пружні елементи (пружини) і гасники коливань (демпфери). Існує три типи сидінь:

- без підвіски (застосовуються на баштових кранах і машинах, що працюють в стаціонарних умовах);
- з коротко ходовою підвіскою (використовуються на екскаваторах, стрілових самохідних кранах, котках, укладальниках);
- з довго ходовою підвіскою (встановлюється на автогрейдерів, скреперах, колісних навантажувачах).

На сидіннях встановлюються пінополіуретанові подушки і спинки, які обтягуються перфорованою повітронепроникною штучною шкірою. В конструкціях передбачають регулювання сидіння за висотою, зміною нахилу спинки. Для колісних землерийно-транспортних машин використовують сидіння з змінною жорсткістю підвіски.

Працездатність оператора багато в чому визначається мікрокліматом кабіни. Останній являє собою комплекс фізичних факторів середовища, спроможних впливати на тепловий стан організму, його терморегуляторні реакції. До них відноситься температура, вологість і швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання, запиленість повітря, наявність шкідливих домішок. В кабіні потрібно підтримувати рівномірну температуру не більш чим на 2...3°C вище зовнішньої. При цьому температура в кабіні - 14...28°C при відносній вологості повітря 60...80%. Для районів з середньою

температурою зовнішнього повітря в 13 годин самого теплого місяця більше +25°C температура в кабіні повинна бути не більше 3°C. Кабіни, окрім тих, що використовують в теплих і жарких зонах, повинні мати регульовану системи підігрівання, яка забезпечує при зниженні зовнішньої температури від +10°C до -20°C температуру в кабіні не нижче +14°C з перепадом по висоті не більше 4°C. Подача повітря в кабіну здійснюється так, що його швидкість на рівні грудей становить не більше 0,5 м/с при температурі в кабіні до +22°C і не більше 1,5 м/с при температурі вище +22°C. Вміст шкідливих домішок на рівні голови не повинен перевищувати встановлених норм, запиленість повітря в робочій зоні знаходиться в межах 1...4 мг/м<sup>3</sup>.

Мікроклімат в кабіні підтримується застосуванням систем вентиляції, опалення і кондиціонування.

Конструкція машини повинна виключати можливість її перекидання при подоланні крутих підйомів, спусків, при роботі на косогорах або мати надійний захист для оператора. Наприклад, вибираючи швидкість на першій передачі, при заданій потужності двигуна виключається можливість подолання машиною небезпечного підйому. В протилежному випадку машина оснащується різного роду обмежувачами і сигналізаторами: висоти підйому вантажу, вильоту стріли, пересування і обертання крана і т.д. Кабіни машиністів бульдозерів, навантажувачів повинні мати захисні огороження від перекидання. Останні також потрібні при роботі машин на валці лісу, розчищенні від чагарників і т.д.

Слід додержуватись необхідної освітленості робочих зон машин. Для робочих органів бульдозерів, катків, інших дорожніх машин, зайнятих на планувальних роботах, вона повинна бути не менше 10 лк. Освітленість екскаваторного забою в горизонтальній площині - не менше 5 лк, а в вертикальній – 10 лк.

Виробнича діяльність людини досягла таких масштабів, коли відходи виробництва стали наносити помітний збиток навколишньому середовищу. Шкідливі викиди в атмосферу спостерігаються на асфальтобетонних заводах,

значне пилоутворення має місце при виробництві щебеню, мінерального порошку, цементобетона. Максимально допустима запиленість викидів в атмосферу димових газів не повинна перевищувати 150 мг/м<sup>3</sup>. Максимальна кількість пилу, яка зноситься при роботі сушильного апарату становить 6...8% маси піску, який надходить на сушку. Це відповідає запиленості димових газів 300...400 г/м<sup>3</sup>. Проблему можливо вирішити шляхом застосування пилегазоочисних пристроїв. Газу піддаються подвійному і потрійному очищенню з використанням пристроїв різного принципу дії: пилеосадкових камер, центробіжних апаратів (циклонів), електрофільтрів, апаратів мокрого пилеочиснення (труби Вентурі, барботажні пилеуловлювачі і пінні апарати). Значне пилеутворення спостерігається при транспортуванні пиловидних матеріалів (цементу, мінерального порошку, піску) технологічним обладнанням в ході приготування різних будівельних матеріалів. Призначені для цієї мети транспортні засоби (контейнери, шнеки, елеватори) повинні виготовлятися в закритому виконанні.

Істотний збиток навколишньому середовищу можливо нанести при недотриманні відповідних вимог у ході технічної експлуатації машин. При проектуванні на базах механізації постів мийки дорожньо-будівельної техніки обладнують водоочисні споруди з багатократним використанням води. Відпрацьовані мастила (моторні, трансмісійні, робочі рідини гідросистем) збирають у ємкості, що виключає їх витікання. Пристрої по заправці машин паливом повинні вик

## **Задача 1**

### **Умова:**

При проектуванні пульта керування виробничим обладнанням необхідно врахувати ергономічні параметри.

Визначити оптимальну висоту розміщення органів керування для працівника з ростом 175 см, враховуючи, що середній діапазон зручного досягнення становить 0.55–0.65 від зросту.

### **Розв'язання:**

Розрахунок нижньої межі:  $175 \times 0.55 = 96.25$  см

Розрахунок верхньої межі:  $175 \times 0.65 = 113.75$  см

Висновок: Органи керування повинні розміщуватися на висоті приблизно 96–114 см від підлоги для забезпечення ергономічності використання.

### **Задача 2**

#### **Умова:**

На виробництві проектується робоче місце оператора, який протягом 8 годин виконує однотипні дії сидячи. Відомо:

- Рівень шуму в приміщенні — 88 дБ;
- Освітленість — 220 лк;
- Температура — 27 °С;
- Робоче крісло не регулюється по висоті, висота сидіння — 55 см.

Необхідно:

1. Оцінити умови праці з точки зору охорони праці;
2. Вказати на недоліки;
3. Запропонувати заходи щодо покращення умов праці.

#### **Розв'язання:**

1. Рівень шуму перевищує допустимі 85 дБ — необхідно використовувати шумозахисні навушники.
2. Освітленість нижча за нормативні 300 лк — необхідно встановити додаткові освітлювальні прилади.
3. Температура вища за оптимальну — забезпечити вентиляцію або кондиціонування.
4. Висота сидіння не регулюється — порушено принципи ергономіки, потрібно замінити крісло на ергономічне з регулюванням висоти та спинки.

#### **Висновок:**

Робоче місце не відповідає нормам ергономіки та охорони праці. Запропоновані заходи дадуть змогу знизити ризик професійних захворювань і підвищити ефективність праці.

## **Задача для самостійного опрацювання**

Запроєктуйте робоче місце для користувача комп'ютера з урахуванням таких параметрів:

- Зріст користувача — 165 см;
- Середній час роботи за ПК — 6 годин на день;
- Висота столу — 80 см.

Необхідно визначити:

- чи відповідає висота столу ергономічним нормам;
- на які параметри потрібно звернути увагу для забезпечення охорони праці;
- розробити рекомендації для оптимізації умов праці.

## **Контрольні запитання**

1. Що таке ергономіка та її значення при проєктуванні технічних пристроїв?
2. Які основні ергономічні параметри враховуються при проєктуванні робочого місця?
3. Які чинники охорони праці слід враховувати під час розробки технічних засобів?
4. Які засоби індивідуального захисту необхідні при роботі в умовах підвищеного шуму?
5. Як впливають параметри температури, освітлення та шуму на працездатність людини?
6. В якій галузі застосовують труби Вентурі, барботажні пилеуловлювачі і пінні апарати?
7. При яких умовах робоче місце не відповідає нормам ергономіки та охорони праці?
8. Які збитки навколишньому середовищу можливо нанести при недотриманні відповідних вимог у ході технічної експлуатації машин?
9. Якого характеру джерела шуму мають будівельні машини?
10. Які основні ергономічні критерії добре сконструйованої машини?

## Література

1. Антонов А.В. Психологія винахідницької творчості. Київ: Вища школа, 1998, 198 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановський Ю.В. Планування експерименту при пошуку оптимальних умов. Київ: Наукова думка, 2016, 276 с.
3. Альтшуллер Г.С. Крила для Ікара. Київ: Либідь, 2013, 224 с.
4. Білик В.Г., Щербаков А.М., Романенко В.Л. Резерви зниження матеріалоємності машин. Київ: Техніка, 2015, 152 с.
5. Богданович Л.Б., Бур'ян В.А., Раутман Ф.І. Художнє конструювання в машинобудуванні. Київ: Техніка, 2016, 165 с.
6. Білозерцев В.І. Технічна творчість. Методологічні проблеми. Харків: Прапор, 2001, 248 с.
7. Буш Г.Я. Проблеми розвитку і підвищення ефективності наукової і технічної творчості працівників. Донецьк: Східний видавничий дім, 2013, 235 с.
8. Буш Г.Я. Аналогія и технічна творчість. Рига: Авотс. 2014. 139 с.
9. Буш Г.Я. Методологічні основи наукового керування винахідництвом. Рига: Лієсма, 2011, 168 с.
10. Гордеев О.Ф., Захаров П.О. Методики моделювання при дослідженні та проектуванні верстатів і технологічних систем: навч. посіб., Луцьк: ЛДТУ, 2013. 258 с.
11. Діксон Дж. Проектування систем: винахідництво, аналіз і прийняття рішень. Київ: Либідь, 2019. 440 с.
12. Дітрих Я. Проектування і конструювання (системний підхід) / пер. з польської. Київ: Техніка, 2011. 438 с.
13. Добрянський С.С., Ю.М. Малафеев Ю.М. Технологічні основи машинобудування: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сік орського. 2020. 379 с.
14. ДСТУ 2861-94 Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Діючий від 01.01.1997. Київ: Держстандарт України, 1997. 32 с.
15. ДСТУ ISO 5455:2005 Кресленики технічні. Масштаби. Чинний від 01.07.2006. - Київ: Держстандарт України, 2006. 2 с.
16. ДСТУ ГОСТ 2.104: 2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT). Чинний від 01.07.2007. Київ: Держспоживстандарт. 2007. 4 с.
17. ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах (EN ISO 7200:2004, IDT). Київ: Держспоживстандарт. 2007. 9 с.
18. ДСТУ ГОСТ 3.1103:2014 Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення (ГОСТ 3.1103-2011, IDT) Чинний від 01.11.2014. Київ. Держстандарт. 2015. 28 с.
19. ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення (ГОСТ 3.1105-2011, IDT) Чинний від 01.11.2014. Київ. Держстандарт. 2015. 30 с.

20. ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів (ГОСТ 3.1103-93, IDT) Чинний від 01.11.2014. Київ. Держстандарт. 2015. 20 с.
21. ДСТУ-Н 7916:2015 Система технологічної документації. Настанови щодо оформлення документів, застосовуваних для розробляння, упровадження та функціонування технологічних процесів. Чинний від 01.07.2016. Київ, Держстандарт, 2017. 23 с.
22. ДСТУ ISO 5127:2018 Інформація та документація. База та словник термінів (ISO 5127:2017, IDT). Чинний від 01.01.2019. Київ, Держстандарт URL.
23. ДСТУ EN ISO 11442:2018 Технічна документація на продукцію. Управління документацією (EN ISO 11442:2006, IDT, ISO 11442:2006, IDT). Чинний від 01.01.2020. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2019. 14 с.
24. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Чинний від 01.07.2017. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2016. 26 с.
25. ДСТУ 8647:2016 Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань /або експлуатації в умовах малої кількості відмов. Діючий від 01.07.2017. Київ: Держстандарт України, 2017. 21 с.
26. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 01.05.2015. Київ: Держстандарт України, 2015. 13 с.
27. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче Загальні вимоги дизайну та ергономіки. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 8 с.
28. ДСТУ 3575-97 Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення. Київ: Держстандарт України. Чинний від 1998-01-01. 9 с.
28. ДСТУ 3574-97 Патентний формуляр. Основні положення. Порядок складання та оформлення. Київ: Держстандарт України. Чинний від 1998-01-01. 12 с.
29. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали машинобудуванні: навч. посіб. / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
30. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: навч. посіб.. Львів: Новий світ, 2000. 424 с.
31. Косіюк М.М., Черменський Г.П. Основи науково-технічної творчості: навч. посіб. Хмельницький: Поділля. 2018. 451 с.
32. Кузнєцов Ю. М. Теорія технічних систем в аспектах досліджень та технічної творчості: підручник. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 284 с.
33. Кузнєцов Ю.М., Скляров Р.А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посіб.. Київ: ТОВ “ЗМОК” – ПП “Гнозіс”, 2014. 323 с.
34. Кузнєцов Ю. М. Теорія розв’язання творчих задач. Київ :ТОВ«ЗМОК»– «ГНОЗІС», 2015. 294 с.
35. Кузнєцов Ю. М., Новосьолов Ю.К., Луців І.В. Теорія технічних систем: підручник. Севастополь: СевНТУ, 2011. 246 с.

36. Кузнєцов Ю.М. Патентознавство та авторське право: підручник. Київ: Кондор, 2019. 446 с.
37. Кедров Б.Є., Мікулінський С.Р., Ярошевський М.Г. Наукова творчість. Київ: Наукова думка, 2009, с. 234.
38. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Кульпін Р.А. Динаміка й оптимізація машин: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 310 с.
39. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Теорія технічних систем. Київ: ЦП „КОМПРИНТ”, 2017. 291 с.
40. Лук А.Н. Психологія творчості. Львів: Видавництво «Світ», 2008, 128 с.
- Маршалік О. Естетична сутність художнього конструювання і його роль в формуванні людини. / пер. з польської. Львів: Світ. 2019. 298 с.
41. Методи пошуку нових технічних рішень / Під редакцією А.І. Половинкіна. Київ: Наукова думка. 2011, 192 с.
42. Методологія створення машин. Практичні роботи та завдання до курсової роботи: навч. посіб., / Гарнець В.М., Шаленко В.О., Михайлик В.В., Маслюк А.А. Київ: КНУБА, 2018. 100 с.
43. Одрін В.М., Картавов С.С. Морфологічний аналіз систем. Київ: Наукова думка. 2017, 148 с.
44. Основи творення машин / Бачинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Харків: «НТМТ». 2017. 448 с.
45. Перегудов Ф.І., Тарасенко Ф.П. Введення в системний аналіз. Київ: Наукова думка. 2019, 367 с.
46. Рудь Ю.С. Р 83 Основи конструювання машин: Підручник. Вид. 2-ге переробл. і допов. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О. 2015. 492 с.
47. Селюцький А.Б., Слугін Г.І. Натхнення за замовленням. Київ: Либідь. 2007. 190 с.
48. Серединська В.М., Загородна О.М., Федорович Р.В. Економічний аналіз: нав. посіб.. Тернопіль: Видавництво Астон, 2010. 624 с.
49. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для рільництва. / навч. посіб. Київ: УМК ВО. 1993, 152 с.
50. Теплов Б.М. Проблеми індивідуальних відмінностей. Київ: Наукова думка. 2018, 536 с.
51. Шпара П.Е. Технічна естетика і основи художнього конструювання. Київ: Вища школа. Головне видавництво, 2012, 200 с.
52. Ханзен Ф. Основи загальної методики конструювання. Київ: Знання-прес. 2013, 166 с.
53. Хубка В. Теорія технічних систем./ пер. з німецької. Львів: Видавництво «Світ». 2017, 208 с.
54. Хілл П. Наука і мистецтво проектування. (Методи проектування, наукове обґрунтування рішень) / пер. з англійської. Київ: Наукова думка. 2013. 259 с.
55. Холодов А.М., Руднев В.К., Гарнець В.М. Технічні основи створення машин. Київ: НМК ВО, 1991. 300 с.
56. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. Київ 2014. 400 с.

57. Яцун В.В. Технічні основи створення машин: навч. посіб. Кіровоград-Київ: КДТУ. 1999. 225 с.
58. Яцун В.В., Горпинченко О.В., Яцун В.В. Технічні основи створення машин: навчальний посібник (видання 2-ге, доповнене і перероблене). Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф. 2025. 229 с.
59. Buck E.N. Problem of Product and Design and Development. London: Pergamon Press, 2023. 208 p.
60. Klir V., Cybernetic modelling, London: Jliffe. 2021. 361 p.
- Roadsrum W., Excellence in Engineering, New York: John Wiley, 2020. 211 p.
- Yoshikawa H., General Design Theory and CAO System, Tokyo: IFIP, 2019. 354 p.

## Зміст

Вступ .....	3
1. Практичне заняття № 1. Основи проєктування технічних пристроїв .....	4
2. Практичне заняття № 2. Системний підхід при проєктуванні технічних пристроїв .....	11
3. Практичне заняття № 3. Основні принципи конструювання – міцність і жорсткість елементів конструкції .....	15
4. Практичне заняття № 4. Створення похідних машин на базі уніфікації .....	18
5. Практичне заняття № 5. Методика конструювання .....	28
6. Практичне заняття № 6. Етапи проєктування технічних пристроїв .....	41
7. Практичне заняття № 7. Основи художнього конструювання .....	47
8. Практичне заняття № 7. Основи ергономіки та охорони праці при проєктуванні технічних пристроїв .....	56