

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Інженерно-енергетичний факультет**

Кафедра тракторів та  
сільськогосподарських машин,  
експлуатації і технічного сервісу

## **ІНЖЕНЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ В**

**ГАЛУЗІ**

**Частина II**

курс лекцій

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП  
«Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми здобуття  
вищої освіти

МИКОЛАЇВ  
2026

УДК 658.512

I-62

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від **18.05.2026 р., протокол № 8**

Укладачі:

Олександр ЛИМАР – канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Микола КАРПЕНКО – директор Наукового парку «Агроперспектива» МНАУ

Антон КАРПЕЧЕНКО – директор КННІ НУК імені адмірала Макарова канд. техн. наук., доцент

© Миколаївський національний аграрний університет, 2026

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
<i>Лекція №1</i> Загальні принципи проєктування та розрахунку технологічних процесів.....	6
<i>Лекція №2</i> Розробка структурних схем машин.....	13
<i>Лекція №3</i> Розробка кінематичних схем машин.....	17
<i>Лекція №4</i> Загальне компонування машин і складальних одиниць.....	21
<i>Лекція №5</i> Конструювання складальних одиниць та деталей.....	29
<i>Лекція №6</i> Психофізичні принципи організації роботи оператора.....	36
Шкала оцінок.....	43
Оцінювання здобувачів вищої освіти.....	44
Література.....	46

## Вступ

Дисципліна “Інженерне проектування обладнання в галузі” є важливою складовою частиною навчального процесу студентів спеціальності «Агроінженерія». У методичних вказівках наведено стислий матеріал лекційного курсу цієї дисципліни.

Мета викладання дисципліни полягає в чіткому та цілісному уявленні студентами специфічного виду діяльності інженера – проектуванні, що є загальним поняттям. Воно включає вибір принципу дії приладу, розробку його принципової та інших схем, розрахунки (інженерний аналіз), конструювання, технологічну розробку, виготовлення й випробування дослідних зразків, розробку всієї технічної документації, необхідної для виготовлення, випробувань й обслуговування приладу.

Дисципліна базується на основних загальнотехнічних, загальнотеоретичних та спеціальних дисциплінах.

У результаті опанування дисципліни студенти повинні усвідомити, що процес проектування проводиться на основі технічних розрахунків, конструктивній, технологічній, експлуатаційній проробці та досвіді, також вимагає експериментальної перевірки працездатності декотрих деталей, складальних одиниць та машини в цілому. Спроектований виріб повинен відповідати своєму призначенню та задовольняти висунуті до нього вимоги.

**Завданням дисципліни** є необхідність розкрити етапи створення машин та апаратів, адже це складний творчий процес, який об’єднує осмислення та обробку інформації, перетворення ідей у технічні образи майбутньої конструкції.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- задачі інженерного проектування;
- методологію поетапної проектно-конструкторської розробки створюваних машин;
- стадії розробки конструкторської документації;
- основні техніко-економічні характеристики та показники якості конструкції;
- основні види конструкторської документації.

Також студент після її вивчення повинен **уміти**:

- аналізувати та проектувати машинні та апаратні технологічні процеси;
- обирати технологічні схеми обладнання, що проектується;
- вибирати способи технологічної обробки та конструктивні схеми виконавчих органів;

- збирати та аналізувати інформацію про існуючі конструктивні рішення;
- розробляти структурні та конструктивні схеми машин (апаратів), що проектуються;
- оцінювати варіанти конструктивних рішень на основі техніко-економічних характеристик та показників якості конструкції;
- обґрунтовувати вибір оптимальної конструкції;
- розробляти конструкторську документацію;
- розраховувати та проектувати елементи та пристрої, засновані на різноманітних фізичних принципах дії;
- застосовувати інноваційні методи при розрахунки та техніко-економічному обґрунтуванні конструкції виробів у відповідності з технічним завданням;
- керувати розробкою проекту на всіх стадіях, забезпечувати відповідність проекту технічному завданню та дотримання патентної чистоти; визначення етапів та графіків, узгодження їх з керівництвом, замовником та співвиконавцями.

Дисципліна “Інженерне проектування обладнання в галузі” є основою професійної діяльності інженерів-конструкторів, яка полягає в створенні технічних засобів, що найбільш повно відповідають потребам галузей, де будуть працювати майбутні спеціалісти.

## Тема: ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Час: 4 години

Мета: Вивчити загальні принципи проектування та розрахунку технологічних процесів. Ознайомитися з циклами технологічних машин.

### План:

1. Загальні поняття та визначення технологічних процесів.
2. Етапи проектування технологічних процесів.
3. Цикли технологічних машин (апаратів).
4. Проектування циклових діаграм.

Конструювання машин починається з розробки технологічних процесів. Основною задачею проектування технологічного процесу є розробка найбільш економічного здійснення цього процесу, що відповідає технічним вимогам на обробку об'єкта.

### **1. Загальні поняття та визначення технологічних процесів**

**Технологічний процес** – послідовні якісні та кількісні зміни (форм, розмірів, якостей) сировини, матеріалів, напівфабрикатів та виробів при їх обробці.

Технологічні процеси залежно від способу та характеру дії робочих органів або пристроїв на оброблюваний об'єкт ділять на:

– **машинні процеси** – механічна обробка об'єкта шляхом дії на нього робочих органів машини за рахунок затрат та перетворення механічної енергії;

– **апаратні процеси** – немеханічна обробка об'єкта шляхом дії теплової, хімічної, електричної, звукової та інших видів енергії.

Машинні та апаратні процеси поділяють на:

– **неперервні процеси** – всі операції процесу виконуються при неперервному переміщенні оброблюваного об'єкта без зупинки обладнання;

– **періодичні процеси** – основні операції виконуються з перервами на завантаження сировини, матеріалів, вивантаження готового продукту або

оброблених матеріалів тощо.

Машинні та апаратні технологічні процеси складаються з окремих операцій, які ділять на:

- **основні**, що відносяться до безпосередньої обробки об'єкта та дають технологічний результат (зміна розмірів, форми, властивостей);
- **допоміжні** – завантажувально-розвантажувально-знімні, внутрішньомашинні, внутрішньоапаратні, контрольно-вимірювальні та операції керування.

## **2. Етапи проектування технологічних процесів**

Проектування технологічного процесу відбувається за взаємопов'язаними етапами, які виконуються в певній послідовності:

- 1) ознайомлення з функціональним призначенням оброблюваного об'єкта;
- 2) вивчення та критичний аналіз технологічного та технічного завдання та проектування машини (апаратів);
- 3) відшукання способу обробки
- 4) вибір оптимального варіанта способу та принципової схеми робочих органів (пристроїв);
- 5) обробка та вибір режимів, які визначають якість обробки та продуктивність машини (апарата);
- 6) розчленування технологічної операції на елементи та складання плану обробки;
- 7) розробка методу виконання операції зі складанням технограми;
- 8) розробка функціональної схеми регулювання технологічного процесу;
- 9) розробка технологічної схеми та карти машини (апарата);
- 10) вибір основних технологічних характеристик обладнання, що проектується.

## **3. Цикли технологічних машин (апаратів)**

При виконанні виробничого завдання технологічне обладнання працює з певною циклічністю, тобто повторенням дій обслуговуючого персоналу та самої машини.

Під **циклічністю** розуміють повторення роботи машини за період, що

відповідає випуску одиниці продукції.

Розрізняють наступні цикли в роботі машин:

– **виробничий цикл** (сукупність дій та операцій машини і обслуговуючого персоналу, направлених на виготовлення необхідного об'єму продукції):

$$\dot{O}_0 = \dot{O}_i + \tau_{i.a} = \tau_{\delta} + \tau_{\delta} + \tau_{i.a} \quad (1.1)$$

де  $\dot{O}_i$  – час машинного циклу, який дорівнює часу  $\tau_{\delta}$  безпосередньої обробки та часу  $\tau_{\delta}$  циклових витрат;  $\tau_{i.a}$  – час позациклових витрат (час на обслуговування машини);

– **технологічний цикл** (включає сукупність операцій машини та дій обслуговуючого персоналу, які періодично повторюються при виготовленні кожної одиниці продукції), визначається технологограмою (рис. 1.1).

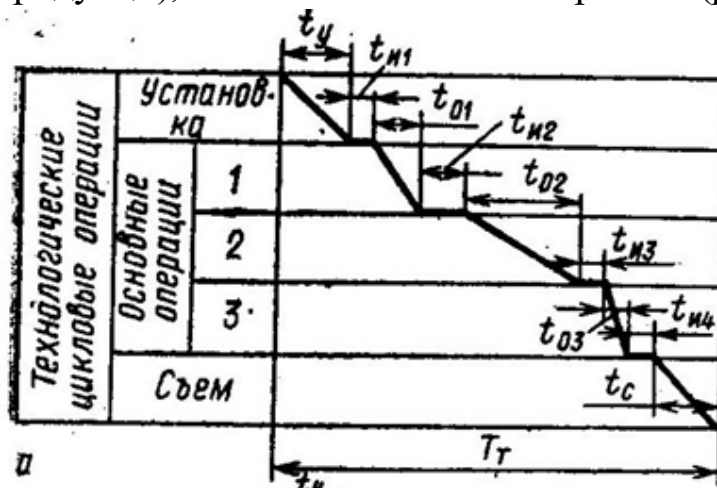


Рис. 1.1 – Технологограма виготовлення виробів на обладнанні періодичної дії

Тривалість технологічного циклу визначають за наступною формулою:

$$\dot{O}_{\delta} = \tau_y + \Sigma \tau_0 + \Sigma \tau_1 + \tau_3 \quad (1.2)$$

де  $\tau_y$  – час на установку виробу в машину;  $\Sigma \tau_0$  – час основних операцій;  $\Sigma \tau_1$  – час інтервалів між операціями;  $\tau_3$  – час на знімання об'єктів обробки;

– *робочий цикл* характеризує темп виходу готових виробів:

$$\dot{O}_{\delta} = \dot{O}_{\dot{O}} + \tau_{\delta} \quad (1.3)$$

де  $\tau_{\delta}$  – інтервал часу між двома технологічними циклами.

Кінематичний цикл представляє собою сукупність всіх переміщень та вистоювань виконавчих органів, які приймають участь в обробці об'єкта, після завершення яких всі виконавчі органи повертаються в початкове положення:

$$\dot{O} = 1/n = 2\pi/\omega \quad (1.4)$$

де  $n$  та  $\omega$  – відповідно частота обертання та кутове прискорення головного вала машини.

Технологічний цикл може дорівнювати декільком кінематичним. Технологічний, кінематичний та робочі цикли можуть співпадати.

#### 4. Проектування циклових діаграм

Синхронність всіх рухів та вистоювань механізму показують на цикловій діаграмі машини.

*Цикловою* називається діаграма, на якій в умовних позначеннях представлені всі фази кінематичних циклів механізмів, суміщені в одному кінематичному циклі машини.

Циклограми можуть бути прямокутними, лінійними та круговими.

*Прямокутні циклограми* (рис. 1.2) представляють собою ряд горизонтальних смуг довільної ширини. На смугах відкладається тривалість кінематичного циклу машини, виражена в одиницях часу або зміни кутів головного вала  $\varphi_{г.в.}$ .

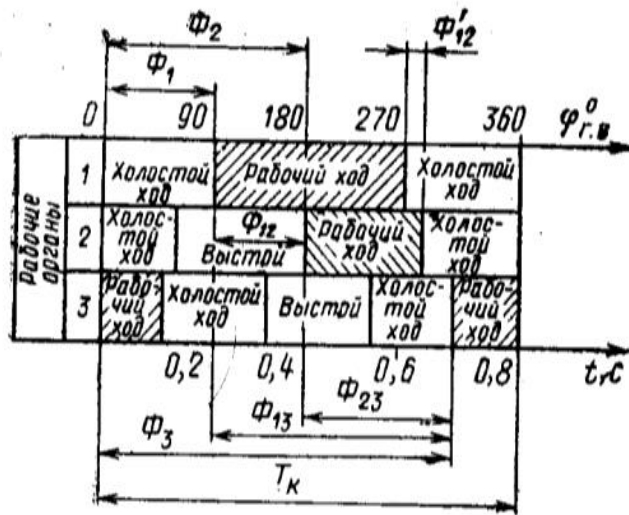


Рис. 1.2 – Прямокутна циклограма технологічної машини.

Кути повороту відкладаються у тому випадку, якщо машина має рівномірно обертовий головний вал, що передає рух усім виконавчим механізмам. Для таких машин тривалість кінематичного циклу може бути визначена за кутом повороту цього вала:

$$\dot{\theta}_{\bar{e}} = \varphi_{\bar{a},\bar{a}} / \omega. \quad (1.5)$$

Інтервали циклу пояснюють відповідними написами. Найчастіше робочий хід для наочності виділяють штрихуванням.

Для машин з електромеханічним приводом, що мають кінематичний цикл, рівний часу одного оберту головного вала, можна використовувати кругову циклограму. **Кругові циклограми** (рис. 1.4) виконуються у виді концентричних кіл, що утворюють кільця, за числом робочих органів (A, B, C). Зовнішнє коло градуують у кутах оберту головного вала. Кільця поділяються за радіусами на частини, що відповідають періодам робочих, холостих ходів і вистоявань робочих органів.

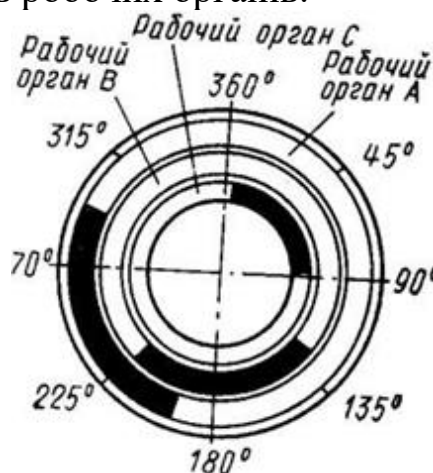


Рис. 1.4 – Кругова циклограма технологічної машини.

Якщо вал обертається нерівномірно, то нерівномірність забезпечується масштабами циклограми для відповідних проміжків часу.

Побудову циклограми починають з вибору визначального робочого органа, від роботи якого найбільшою мірою залежить час дії інших робочих органів, положення яких у процесі налагодження регулюють залежно від положення робочого органа.

Циклограми машин встановлюють зв'язок машинного технологічного процесу з рухом робочих органів. Аналіз циклограми дозволяє визначити послідовність включення механізмів у роботу, їх взаємодію, а також співвідношення між тривалістю робочих, холостих ходів і вистоювань робочих органів. Однак циклограма не дає уявлення про величини і характер переміщень робочих органів.

Характеристика дійсних переміщень і погодженості роботи виконавчих органів представлена в *синхронній* діаграмі. Вона будується в прямокутних координатах, де на осі абсцис відкладаються тривалість кінематичного циклу і його інтервали, а на осі ординат у відповідному масштабі – переміщення робочих органів. На рис. 1.5 показана синхронна діаграма механізмів основов'язальних машин з пазовою голкою.



**Рис. 1.5 – Синхронна діаграма переміщення робочих органів основов'язальної машини з пазовою голкою**

При побудові синхронної діаграми можна користуватися як аналітичним, так і графічним методом кінематичного аналізу механізмів.

Циклограми використовують при проектуванні машин, їх експлуатації та ремонті.

Проектування циклограм ведуть при розробці нових або модернізації існуючих технологічних машин. У випадку розробки нової машини при проектуванні циклограми вирішують задачу переходу від технологічного розрахунку машини до кінематичного, у випадку модернізації існуючих технологічних машин здійснюють перегляд кінематичного циклу і його тривалості, удосконалюють кінематичну схему з метою збільшення продуктивності машини і коефіцієнта безперервності обробки.

При використанні ДВК опір машин зменшується за рахунок утримання їх у зваженому (плаваючому) стані.

### **Контрольні питання**

1. На якому етапі конструювання машин виконується розробка технологічних процесів?
2. Як називають механічну обробку об'єкта шляхом дії на нього робочих органів машини за рахунок затрат та перетворення механічної енергії?
3. Як називають немеханічну обробку об'єкта шляхом дії теплової, хімічної, електричної, звукової та інших видів енергії?
4. Як називають операції машинних та апаратних технологічних процесів, що відносяться до безпосередньої обробки об'єкта та дають технологічний результат (зміна розмірів, форми, властивостей)?
5. Як називають завантажувально-розвантажувальні, внутрішньомашинні, внутрішньоапаратні, контрольно-вимірювальні та операції керування машинних та апаратних технологічних процесів?
6. Назвіть послідовність етапів проектування технологічних процесів.
7. З якою формулою визначають час виробничого циклу роботи машини?
8. З якою формулою визначають час робочого циклу, що характеризує темп виходу готових виробів?
9. Як називають цикл машини, що представляє собою сукупність всіх переміщень та вистоювань виконавчих органів, які приймають участь в обробці об'єкта, після завершенні яких всі виконавчі органи повертаються в початкове положення?

**Тема: РОЗРОБКА СТРУКТУРНИХ СХЕМ МАШИНИ**

Час: 4 години

*Мета:* Навчитися розробляти структурні схеми машини.

План:

1. Загальні поняття та визначення структурних схем.
2. Проектування структурних схем.

**1. Загальні поняття та визначення структурних схем.**

На першій стадії проектування машини необхідно визначити принципово необхідні механізми, складальні одиниці, їх взаємозв'язок та представити це у вигляді структурної схеми. Така схема надалі повинна бути покладена в основу розробки кінематичної схеми машини або повної технологічної схеми апарата.

**Структурна схема** дає уявлення про наступне: сутність побудови конструкції, але не розгортає повністю її конструктивних особливостей; взаємозв'язок між окремими механізмами та приладами їх керування (це дозволяє при розробці циклової діаграми правильно встановити вимоги для сумісної роботи пов'язаних між собою елементів); розподіл енергії, що поступає від джерела, між елементами конструкції

Сучасна машина в кожному конкретному випадку складається з наступних **структурних елементів**: живильного пристрою, який призначений для неперервної подачі об'єктів обробки (сировини, матеріалів) в машину; приводу; виконавчих механізмів з робочими органами; механізмів регулювання, контролю, керування, захисту, блокування та ін.

До складу *приводу* машини входить електродвигун, приводні пристрої (*редуктори, зубчасті, ланцюгові передачі*), які слугують для передачі руху від двигуна до ведучих ланок виконавчих механізмів. Закінчується привод робочим або розподільно-керівним валом (*головний вал швейної машини*)

*Виконавчі механізми* слугують для перетворення руху (енергії) ведучої ланки та передачі його в перетвореному вигляді веденій ланці (робочому органу або пристрою).

## 2.Проектування структурних схем.

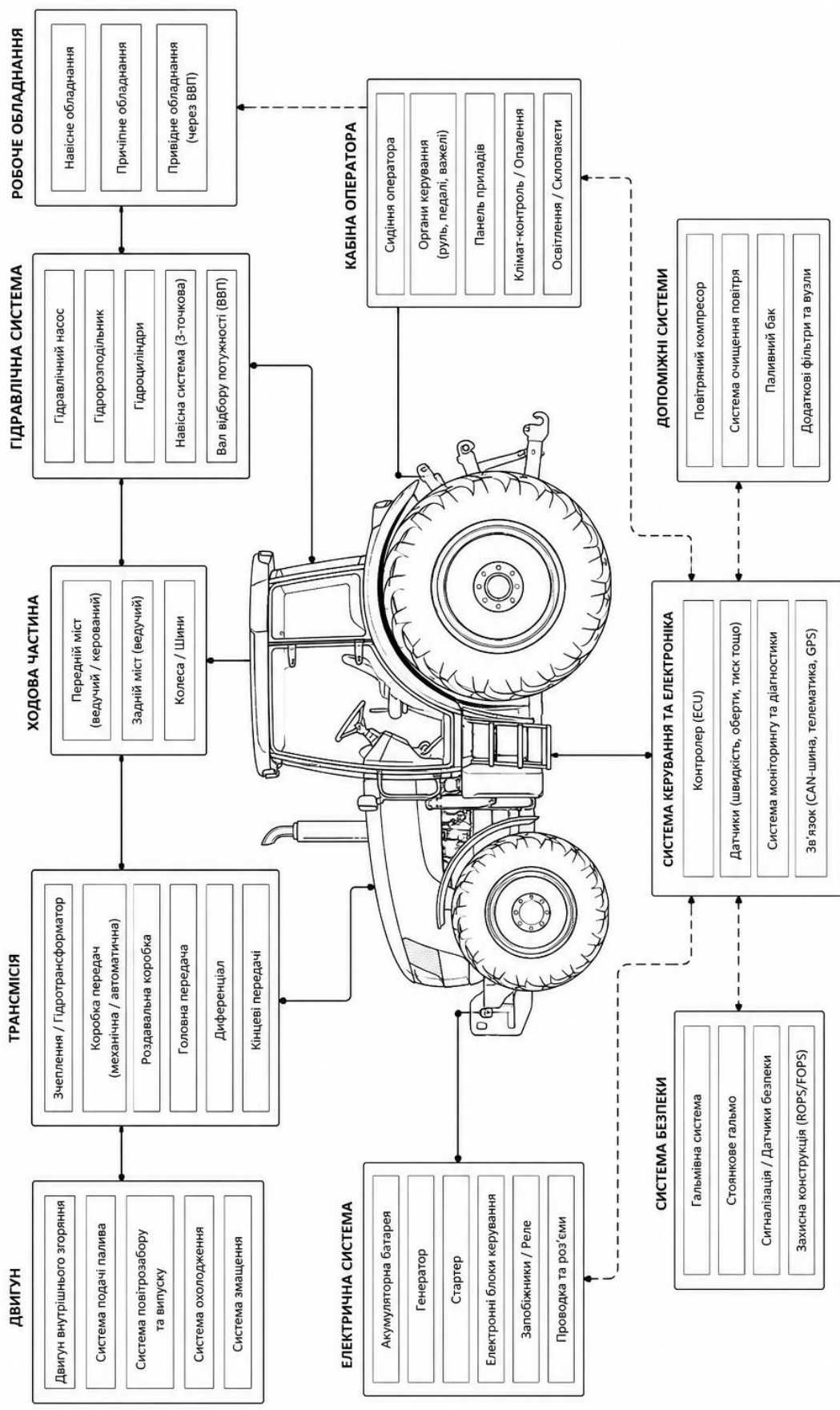
*Проектування структурних схем* включає вибір принципово необхідних виконавчих і передаточних механізмів та пристроїв: тип двигуна, схему керування машиною та ін., при яких забезпечуються задані режими роботи виконавчих органів при найбільшому к.к.д. та інших техніко-економічних характеристиках проектованої машини.

На основі технологічного процесу для робочих органів і виробу, що рухається, спочатку будують попередню циклограму, що показує взаємне ув'язування роботи окремих циклічних механізмів, а потім уже на основі циклограми будують синхронну діаграму, у якій для кожного механізму викреслюють графік переміщення веденої ланки як функцію кута повороту головного вала.

Структурні схеми містять умовні позначки: пристроїв програми і пристроїв керування, робочих органів, основних функціональних елементів (муфт, перемикачів, контактів, клапанів і т.д.); прямих і зворотних потоків центральної інформації, потоків місцевої (блокувальної та ін.) інформації. Окремі вузли і механізми на структурній схемі показують зображеннями у виді окремих фігур з буквеними або цифровими позначеннями. На структурній схемі вказують також потужність електродвигуна, частоту обертання його вала і валів машини, передаточні числа проміжних передач, порядкові номери валів (римськими цифрами), назви виконавчих механізмів, а також назви робочих органів, укріплених безпосередньо на валах. Елементи і пристрої гідравлічних і пневматичних передач зображують у вигляді прямокутників. Лінії взаємозв'язку зображують суцільними основними лініями. На лініях взаємозв'язку допускається вказувати напрям робочого середовища. Найменування, позначення і технічні дані вписують у прямокутники, що зображують елементи і пристрої.

Як приклад на рис. 2.1 наведена структурна схема трактора [1].

# СТРУКТУРНА СХЕМА СУЧАСНОГО ТРАКТОРА



- Механічний зв'язок
- - - Електричний / Електронний зв'язок
- · - · - Гідрравлічний зв'язок

На підставі структурної схеми попередньо визначають основні розміри машини, здійснюють перше компоувальне рішення і розробляють кінематичну схему.

### **Контрольні питання**

1. З якою метою складають структурні схеми?
2. Про що дає уявлення структурна схема?
3. Перерахуйте та дайте характеристику структурним елементам.
4. Наведіть принципи, за якими створюють структурні схеми.

**Тема: РОЗРОБКА КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМ МАШИНИ**

**Мета:** Вивчити загальні положення з розробки кінематичних схем машини

Час: 4 години

**План:**

1. Загальні поняття кінематичних схем.
2. Проектування кінематичних схем.

**1. Загальні поняття кінематичних схем**

**Кінематична схема** машини показує механічні принципи взаємодії і роботи елементів машин. Вона дає уявлення про те, як механічний рух і енергія передаються від джерела до пункту її використання, перетворення та споживання. Схема є принциповою і дозволяє встановити, які елементи і скільки входять у схему, як і в які сполучення (наприклад, кінематичні пари) вони поєднуються, а також дозволяє бачити траєкторію руху характерних точок системи (наприклад, робочих органів).

Кінематичні схеми викреслюють у вигляді плоского (вид спереду і вид збоку) та просторового зображень.

На кінематичній схемі вказують:

- найменування кожної кінематичної групи елементів (наприклад, привод конвеєра);
- основні характеристики і параметри кінематичних елементів.

Якщо кінематична схема слугує для динамічного аналізу, то на ній вказують необхідні розміри і характеристики елементів. Кожному кінематичному елементу на схемі дають порядковий номер. Вали нумерують римськими цифрами, інші елементи – арабськими.

На кінематичних схемах вказують тип, потужність і частоту обертання електродвигунів, типорозмір, виконання і передаточне відношення редукторів, діаметр і ширину шківів, типи і кількість клинових ременів, число зубів і модулі зубчастих передач, число заходів і кроки ланцюгових передач, число заходів, крок і напрям навантаження черв'яків, гвинтів, типорозміри муфт та ін.

Таблицю елементів та їх характеристик представляють на листі схеми або окремо. Кінцевою метою проектування кінематичної схеми машини є відтворення заданих рухів робочих органів.

Спроектowana кінематична схема повинна сприяти:

- забезпеченню максимально можливої простоти конструкції;
- максимально можливому ступеню механізації й автоматизації процесу;
- можливості більш високого коефіцієнта корисної дії;
- необхідній точності руху;
- достатній надійності в роботі;
- зручності налагодження, довговічності ланок і робочих пар;
- зручності ремонту і монтажу;
- безпеки дії, відповідності сучасній технічній естетиці

## 2. Проектування кінематичних схем

Щоб розробити кінематику, необхідно мати характеристики рухів ведучої та веденої ланок кожного ланцюга.

Кінематична схема містить тим менше передач, чим менше розрізняються швидкості ведучої та веденої ланок. Повне передаточне відношення кінематичного ланцюга можна розкласти на власні передаточні відношення, де кожен множник відповідає окремому механізму (передачі):

$$i_{0.} = i_{1, i_2, i_3, \dots, i_{z-1}, i_z.} \quad (3.1)$$

Де  $i_{1, i_2, i_3, \dots, i_{z-1}, i_z}$  - власні передаточні відношення, рахуючи за напрямом від початкового ведучого до кінцевого веденого.

Найбільш вигідно з погляду компактності конструкції розділити повне передатне відношення таким чином, щоб власні передаточні відношення були розташовані в порядку зменшення величин:

$$i_1 < i_2 < i_3 < \dots < i_{z-1} < i_z. \quad (3.2)$$

При цьому необхідно прагнути розташовувати найбільш енергоємні механізми ближче до головного вала машини. Ці умови сприяють забезпеченню компактності кінематичного ланцюга.

Замкнуті кінематичні ланцюги варто проектувати так, щоб у них не було циркулюючої потужності, що додатково збільшує навантаження в деталях машин за рахунок передачі крутного моменту від циркулюючої потужності.

Пасові передачі при низькій швидкості руху ременя працюють незадовільно, тому їх не слід розташовувати в тихохідних ділянках

кінематичного ланцюга.

При побудові кінематичної схеми варто прагнути до зменшення кількості типів електродвигунів, використанню найбільш довершеного привода. Використання в системах керування пневматики і гідравліки дозволяє значно спростити просторову кінематику, забезпечити універсальність пристроїв і широкий діапазон плавного регулювання швидкості переміщення робочих органів.

При проектуванні необхідно враховувати динамічні властивості механізмів, так як ці властивості визначають динамічні навантаження і характер руху ланок кінематичних ланцюгів.

В основі розрахунку кінематичних ланцюгів механізмів лежать дві задачі динаміки:

1) за відомим законом руху ведучої ланки визначити сили, прикладені до ланок механізму. Цю задачу вирішують методом кінетостатики за рівнянням Даламбера;

2) за заданими силами визначити закон руху за рівняннями Лагранжа, що представляє собою універсальний математичний апарат.

Після кінцевого компонування загальної кінематичної схеми в машинах із жорстким циклом розраховують відносні кути, під якими на розподільному валу закріплюють ведучі ланки різних виконавчих механізмів.

Розробку кінематичної схеми механізму проводять після вибору типу механізму (важільний, кулачковий, зубчастий тощо) і відносять до метричного синтезу кінематичної (функціональної) схеми. При метричному синтезі визначають основні розміри ланок механізму за заданою функцією положення, від якої залежить закономірність руху веденої ланки, або за заданою траєкторією однієї з його точок і ряду обмежуючих умов і якісних критеріїв.

Існує два основних напрями синтезу механізмів – аналітичний і геометричний. В основі аналітичного синтезу, наприклад важільних механізмів, лежать властивості траєкторій точок кривих, що наближаються частково або на всьому продовженні функції положення до прямих ліній або кіл.

Геометричний синтез базується на основах кінематичної геометрії, тобто зводиться до знаходження параметрів механізму, що визначаються лінійними розмірами і кутовими положеннями ланок. Синтез здійснюється на основі дослідження і вивчення закономірностей зміни основних параметрів механізму.

Проектування механізмів з нижчими кінематичними парами за функціями положення в більшості випадків може бути здійснено лише

приблизно, тобто з допущеннями.

Існує два методи синтезу:

- шляхом оптимізації параметрів механізму з застосуванням ЕОМ;
- шляхом наближення функцій положення механізму.

Питанням синтезу присвячені спеціальні роботи з теорії механізмів.

Після визначення на основі аналізу або синтезу механізму і його параметрів переходять до конструктивної розробки механізму відповідно до необхідних техніко-економічних показників при виготовленні експлуатації, ремонті і т.д. При цьому враховують конструктивні особливості проєктованих механізмів.

### **Контрольні питання**

1. З якою метою складають кінематичні схеми?
2. Про що дає уявлення кінематична схема?
3. Наведіть правила, за якими створюють кінематичні схеми
4. Які методи лежать в основі розрахунку кінематичних ланцюгів механізмів?
5. Які методи синтезу використовують при проєктуванні кінематичних схем?

## Тема: ЗАГАЛЬНЕ КОМПОНУВАННЯ МАШИН І СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

Мета: Вивчити основні принципи загального компоунвання машин і складальних.

Час: 4 години

### План:

1. Загальні положення.
2. Правила компоунвання.
3. Правила виконання креслень компоунвання.

### **1. Загальні положення**

Поняття “проектунвання” у комплексі понять, що відносяться до створення приладів, є загальним. Воно включає вибір принципу дії приладу, розробку його принципової та інших схем, розрахунки (інженерний аналіз), конструювання, технологічну розробку, виготовлення й випробування дослідних зразків, розробку всієї технічної документації, необхідної для виготовлення, випробувань й обслуговування приладу.

Конструювання приладу – це насамперед його компоунвання. Це творчий і різноманітний процес. Однак існують основні принципи, які варто мати на увазі при компоунванні будь-якого приладу:

- 1) забезпечення найменших габаритів при дотриманні вимог ТЗ;
- 2) раціональне ділення приладів на складові частини: складальні одиниці й окремі деталі;
- 3) забезпечення можливостей для регулювання та складання окремих складальних одиниць, вузлів і всього приладу в цілому;
- 4) виключення шкідливого впливу окремих блоків та елементів на точність роботи інших елементів і приладу в цілому (електромагнітних полів, вібрацій, теплового випромінювання, відблисків, деформацій і т.п.);
- 5) забезпечення технологічності;
- 6) врахування вимог технічної естетики й ергономіки;
- 7) забезпечення зручного огляду, ремонту, заміни елементів у процесі експлуатації.

Крім того, варто розрізнати три види конструювання:

- технічне (Т);
- ергономічне (Е);
- художнє (Х).

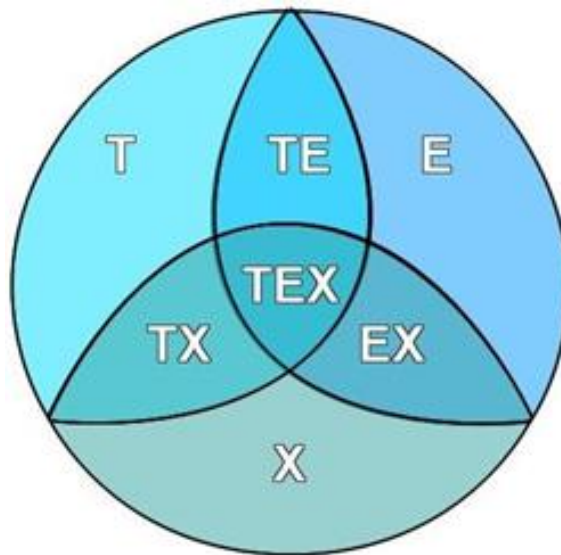
При **технічному** конструюванні все підпорядковано найбільш економічному рішенню технічного завдання. Основою технічного конструювання є технічне компоновання окремих вузлів і деталей у виробі. Цей вид конструювання головним чином стосується перших дослідних зразків виробу, що створюються за заданими технічними умовами, коли перевіряються принципова схема, працездатність, точність і надійність приладу.

При **ергономічному** конструюванні головною вимогою є зручність роботи із приладом, надійність роботи оператора і менша його стомлюваність. Основою цього виду конструювання є так назване ергономічне компоновання, що слугує цілям ергономічної доцільності, зручності, швидкості й безпомилковості обслуговування цього приладу. У повністю автоматизованих приладах питання ергономіки, природно, відступають на задній план, підпорядковуючись питанням надійності дії автоматичних систем, що застосовуються у приладі.

Ціль **художнього** конструювання – це створення приладів, які гармонічно сполучають високі технічні й естетичні якості. У промислових зразках приладів повинен відбиватися стиль епохи, оригінально повинні вирішуватися питання композиції й компоновання.

Перевага того або іншого виду конструювання залежить від характеру приладу й стадії конструювання. Так, наприклад, при створенні першого експериментального зразка, коли в основному перевіряється принципова схема роботи приладу, застосовується тільки технічне конструювання. Другий і третій види конструювання мають більше значення при переході до розробки конструкторської документації для серійного виробництва.

Взаємозв'язок видів конструювання можна наочно пояснити діаграмою (рис. 7.1). Діаграма в цілому відображає повну сукупність дій з створення виробу, починаючи із технічного завдання (тема 1) і до широкого випуску виробів в експлуатацію. Очевидно, що в досконалому виробі (рис. 7.1 – зона ТЭХ) інтегруються рішення, що найбільш гармонійно сполучаються та відповідають всім видам конструювання.



**Рис. 4.1 –Взаємозв'язок видів конструювання:  
технічне конструювання (Т); ергономічне конструювання (Е);  
художнє конструювання (Х)**

Одна з головних задач конструювання, що вирішується в процесі компонування і при розробці конструкцій деталей, полягає в забезпеченні точності розташування виконавчих поверхонь деталей у координатній системі приладу.

З математичної точки зору (з погляду вибору баз) початкові кроки компонування полягають у наступному:

- конструктор виділяє в проектованому виробі його основну частину (наприклад, одну із плат корпусу, головну площину оптичного елемента тощо) і встановлює на неї декартову систему координат, що є надалі основною для виробу в цілому;

- потім конструктор встановлює системи координат для інших складових частин виробу (складальних одиниць, деталей), прив'язуючи їх до характерних елементів цих частин (площинам, осям і т.д.);

- “місцеві” системи координат зв'язуються координатними розмірами з основною або із проміжною “місцевою”.

Сукупність таких систем координат дозволяє точно визначити положення у виробі будь-якої складальної одиниці, деталі або її поверхні. Площини деталей або їх осі, з якими конструктор зв'язав введені системи координат, є конструкторськими базами.

Використання графічних систем КОМПАС або АСАД дозволяє вводити необхідні системи координат, роблячи їх видимими або невидимими на екрані монітора. Це локальні системи координат у системі КОМПАС або системи користувача координат у системі АСАД. Точна установка цих систем координат виконується за допомогою широкого набору об'єктних прив'язок.

Слід особливо зазначити, що конструювання деталей і процес компоновання не є повністю самостійними етапами, а, навпаки, багато в чому залежать один від одного. Це процеси є покроковими, інколи з багаторазовими поверненнями.

## **2. Правила компоновання**

Вихідними матеріалами для виконання компоновання є:

- кінематична схема механізму, схема принципова електрична, оптична схема оптичного пристрою тощо;
- геометричні параметри елементів, що були визначені в ході розробки кінематичної схеми (форма й розміри електродвигуна, види й розміри зубчастих коліс, валів, кулачків, мікроперемикачів, розміри й форма оптичних елементів і т.д.).

Компоновання потрібно починати з пошуку найбільш доцільного розташування конструктивних елементів в обмеженому просторі, із з'єднанням їх між собою відповідно до принципової схеми. При цьому конструктивні елементи зображуються спрощено, наприклад ескізами зовнішніх виглядів або габаритних креслень.

При компованні необхідно дотримуватись основних правил:

- **перше правило.** При компованні треба йти від загального до окремого, а не навпаки. З'ясування подробиць конструкції при компованні є навіть шкідливим, тому що збиває логічний хід розробки конструкції і приводить найчастіше до невиправданого накопичення деталей і складальних одиниць;

- **друге правило.** Розробка варіантів, глибокий їх аналіз і вибір найбільш раціонального рішення. Помилково приймати за зразок шаблонну конструкцію, тому що, копіюючи шаблонні форми і дотримуючись традиційного рівня, не можна створити прогресивні конструкції. Повна розробка варіантів не обов'язкова. Звичайно досить начерків олівцем від руки, щоб отримати уявлення про перспективність варіанта й вирішити питання про доцільність подальшої роботи над ним;

- **третє правило.** Постійно мати на увазі питання виготовлення та із самого початку надавати деталям технологічно доцільні форми;

- **четверте правило.** Компоновання необхідно вести на основі нормальних розмірів (діаметри посадкових поверхонь, розміри шпонкових і

шліцьових з'єднань, діаметри різьб і т.д.);

– **п'яте правило.** Варто прагнути максимальної уніфікації нормальних елементів і використовувати їх у всіх частинах конструкції (однакові діаметри, посадки, кріпильні деталі, втулки, підшипники і т.д.);

– **шосте правило.** Компонування найкраще вести в масштабі 1:1, якщо допускають габаритні розміри проєктованого об'єкта. При цьому легше вибрати потрібні розміри і перетини деталей, скласти уявлення про співрозмірність частин конструкції, міцності і жорсткості деталей і конструкції в цілому, полегшується деталювання і не потрібно проставляти велику кількість розмірів. Креслення в масштабах менше чим 1:2 сильно ускладнює процес конструювання, спотворюючи пропорції і позбавляючи креслення наочності. Якщо розміри об'єкта не дозволяють застосувати масштаби 1:1 або 1:2, то окремі складальні одиниці необхідно викреслювати в натуральну величину.

У процесі конструювання враховуються всі фактори, що визначають працездатність проєктованого об'єкта: розробляються раціональні форми і розміри корпусних деталей з урахуванням технологічності виготовлення і вимог технічної естетики; розробляються системи змащування, охолодження, складання-розбирання агрегату і приєднання до нього суміжних деталей (приводних валів, комунікацій, електропроводки і т.д.); проводиться розрахунок розмірних ланцюгів; передбачаються умови зручного обслуговування, огляду, регулювання і ремонту механізмів; передбачаються способи підвищення довго- вічності, збільшення зносостійкості, способи захисту від корозії; враховуються умови виробництва, у яких будуть виготовлятися спроектовані вироби; враховуються умови транспортування до місця установки й інші фактори.

### **3. Правила виконання креслень конструювання**

Результатом конструювання на етапі технічного проєктування буде **вид загальний** технічного проєкту, який відрізняється від ескізного конструювання докладною проробкою всіх елементів конструкції ескізного проєкту. Крім того, на цьому етапі фактично розробляються конструкції тих елементів деталей, які визначають відносне розташування деталей у складанні (виступи, буртики, проточки, упори, базові поверхні тощо).

Пригадаємо, що креслення загального виду дає уявлення про конструктивну будову виробу, взаємодію його складових частин та принцип роботи. Воно виконане у необхідній кількості проєкцій, розрізів та перетинів, які зображують виріб у стані остаточної готовності. На підставі креслення складальної одиниці здійснюється повне складання і необхідне регулювання цієї одиниці. Креслення складальної одиниці повинно бути виконано у такій

кількості проєкцій, розрізів, видів і перетинів, щоб пристрій складальної одиниці і конструкція кожної його деталі, а також координація і взаємодія деталей були зрозумілі.

На робочому компонуванні (вид загальний, складальні креслення) проставляють основні прив'язувальні, приєднувальні і габаритні розміри, розміри посадкових та центрувальних з'єднань, типи посадок і квалітети.

На вільному полі креслення приводяться технічні характеристики об'єкта (продуктивність, створюваний тиск, частота обертання, споживана потужність та ін.) і технічні вимоги, що розташовуються над кутовим штампом.

Технічні вимоги на кресленні викладаються в такій послідовності:

1) вимоги до матеріалу, заготовки, термічної обробки і до властивостей матеріалу готової деталі (електричні, магнітні, твердість, вологість і т.д.), можливість використання матеріалів-замінників;

2) розміри, граничні відхилення, форми взаємного розташування поверхонь, маси і т.п.;

3) вимоги до якості поверхні (шорсткість, відомості з обробки, покриття);

4) зазори, розташування окремих елементів конструкції;

5) вимоги, пропоновані до настроювання і регулювання виробу і т.д.;

б) інші вимоги до якості виробів, наприклад, безшумність, вібростійкість і т.д.

Компонування машини в значній мірі визначає вибір напряму геометричної осі, що є якісною задачею і вирішується шляхом аналізу цілого ряду факторів. Основні критерії вибору напряму геометричної осі машини наведені подальше.

**Займана площа.** Машини з вертикальною віссю займають площу в два–три рази меншу, ніж горизонтальні з однаковим технологічним призначенням та ідентичними характеристиками.

**Зручність завантаження і заправлення** оброблюваного матеріалу. Залежить від характеру оброблюваного матеріалу. У напівавтоматах з ручним завантаженням штучних заготовок а також переробки рідких і сипучих матеріалів переважає вертикальна вісь.

**При прутковому живленні** машин більш раціональна горизонтальна вісь, тому, що заправляти довгі прутки в направляючі труби і проштовхувати їх крізь цанги, що подають, до упорів набагато легше по горизонталі.

**Зручність налагодження й обслуговування.** Найбільш зручне налагодження й обслуговування машин, якщо всі основні механізми розташовані на однаковій висоті в межах 1000–1200 мм. Тому машини з

великим числом позицій варто будувати з вертикальною віссю, де горизонтальна площина поворотного столу визначає однакову висоту компонування і зона дії всіх механізмів, що обслуговують робочі позиції. У машинах з невеликим числом позицій (чотири–шість) або в машинах малих типорозмірів цей критерій істотної ролі не відіграє.

**Зручність видалення відходів обробки.** У машинах з вертикальною віссю відбувається значне нагромадження відходів і стружки на горизонтальній площині столу, тому машини з горизонтальною віссю у цьому випадку зручніші.

**Міцність оброблюваних виробів.** Для тендітних (скло) і гнучких (пластмаси, тканини, шкіри) виробів необхідно будувати машини з вертикальною віссю щоб уникнути поломки або вигину при обробці, що можливо в машинах з горизонтальною віссю. При міцних заготовках ця ознака значення не має.

**На компонування і довговічність роботи машин** впливають вибір підшипників і системи змащення. При вирішенні цих питань можна користатися рекомендаціями. При компонуванні машини необхідно враховувати людський фактор, тобто враховувати не тільки специфіку машини, але й особливості умов роботи людини-оператора, погоджуючи їх з вимогами інженерної психології. Такий підхід забезпечується системним методом конструювання, що є основним у цей час і вимагає усунення факторів, які знижують надійність людини-оператора, врахування його природних можливостей, комфортабельності робочого місця і т.д. Машини одного функціонального призначення, але призначені для обробки специфічних по конструкції виробів, мають різні схеми компонування, наприклад, зернозбиральний комбайн для зернових культур (пшениці) та зернозбиральний комбайн для збирання кукурудзи (рис 7)

## 1. ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦІ)

Схема компонування



- ① Жатка зернова – зрізування і подача хлібної маси
- ② Похила камера – транспортування маси до молотильного апарата
- ③ Молотильний барабан – обмолот зерна
- ④ Соломотряс (сепаратор) – відділення зерна від соломи
- ⑤ Бункер зерна – накопичення очищеного зерна
- ⑥ Система очищення – видалення домішок (решета, вентилятор)
- ⑦ Транспортёр повернення – повернення не обмолочених решток
- ⑧ Подрібнювач соломи – подрібнення і розподілення соломи по полю
- ⑨ Ходова частина – рух комбайна

Потік матеріалу



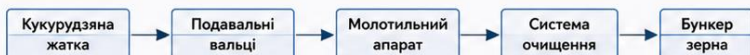
## 2. ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ

Схема компонування



- ① Кукурудзяна жатка – відривання качанів і подача маси
- ② Подавальні вальці – затягування та рівномірна подача качанів
- ③ Молотильний апарат – обмолот зерна з качанів
- ④ Система очищення – відокремлення зерна від домішок
- ⑤ Бункер зерна – накопичення очищеного зерна
- ⑥ Подрібнювач стебел – подрібнення і розподілення решток
- ⑦ Транспортёр повернення – повернення незернової фракції
- ⑧ Вивантажувальний шнек – вивантаження зерна з бункера
- ⑨ Ходова частина – рух комбайна

Потік матеріалу



**Рис. 7 – Схема компонування:**

- 1 – зернозбиральний комбайн для зернових культур (пшениці);*
- 2 – зернозбиральний комбайн для збирання кукурудзи*

### Контрольні питання

1. Назвіть принципи компонування приладів та машин.
2. Назвіть види конструювання.
3. Які правила компонування ви можете назвати?
4. Чи варто розпочинати компонування з розробки форм деталей?
5. При компонуванні конструкції машини необхідно надавати деталям технологічно доцільної форми.
6. Вкажіть послідовність викладення технічних вимог на кресленнях.
7. На якій стадії проектування машини розробляють системи змащування?
8. На якій стадії проектування машини проводять розрахунок розмірних ланцюгів?

## Тема: КОНСТРУЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТА ДЕТАЛЕЙ

Час: 4 години

Мета: Вивчити основи конструювання складальних одиниць та деталей

### План:

1. Загальні положення розробки складальних одиниць.
2. Конструювання деталей.

### **1. Загальні положення розробки складальних одиниць**

До конструювання складальних одиниць приступають після попереднього компонування машини, коли виконані основні проектні розрахунки з визначення конструктивних розмірів відповідальних деталей і прийнятий поділ конструкції на складальні одиниці. Складальні одиниці можуть бути рухомими і нерухомими, рознімними і нерознімними.

При конструюванні складальних одиниць вирішують наступні основні задачі:

- вибір форм та розмірів деталей і самої складальної одиниці;
- забезпечення працездатності елементів складальної одиниці;
- забезпечення поділу конструкції на підскладальні одиниці і комплекти;
- вибір методу і характеру з'єднання ланок, складання і регулювання складальної одиниці;
- забезпечення обслуговування і ремонту складальної одиниці;
- забезпечення ефективності варіанта конструкції складальної одиниці.

Креслення складальної одиниці повинне містити:

- 1) зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розташування і взаємний зв'язок складових частин, що з'єднуються за цим кресленням;
- 2) відомості, що забезпечують можливість складання і контролю складальної одиниці;
- 3) розміри, граничні відхилення та інші параметри і вимоги, які повинні бути проконтрольовані або виконані за складальним кресленням;
- 4) вказівки про характер сполучення і методи його здійснення, якщо точність сполучення забезпечується при складанні (підбір деталей, їх підгонка);
- 5) вказівки про спосіб виконання нероз'ємних з'єднань (зварених,

паяних тощо);

- б) номери позицій складових частин, що входять у виріб;
- 7) основні характеристики виробу;
- 8) габаритні розміри, що визначають граничні зовнішні або внутрішні обриси виробу;
- 9) розміри на установку, за якими виріб встановлюється на місці монтажу;
- 10) приєднувальні розміри, за якими виріб приєднується до інших виробів;
- 11) необхідні довідкові розміри.

## **2. Конструювання деталей**

Розрахункові розміри деталей при конструюванні складальних одиниць приходиться змінювати та округляти відповідно до конструктивних розумінь, стандартів і нормаль, розмірам застосовуваних підшипників і т.д. Для подальшої розробки креслень деталей і складальних одиниць, забезпечення правильної взаємодії механізмів і правильного складання необхідно визначити, чи достатні є зазори і натяги в сполученнях деталей. Для цього

потрібно установити види посадок і призначити допуски на їх виготовлення. Всі деталі вузлів, за можливість, повинні бути конструктивно прості,

не вимагати для виготовлення складних інструментів, спеціальних пристосувань і складного устаткування.

Деталі підрозділяють на типові загального призначення, типові спеціальні й оригінальні.

До типових деталей загального призначення, що застосовується у всіх галузях машинобудування, відносяться шків, зубчасті колеса, зірочки ланцюгових передач, вали, осі, деталі підшипників ковзання і трансмісійних муфт, пружини, шпонки, кріпильні деталі.

Спеціальні типові деталі застосовуються тільки у визначених машинах, наприклад: у швейних машинах (деталі голководія, ниткопритягувача і човника, корпус і т.д.); у пральних машинах (деталі внутрішнього і зовнішнього барабанів, деталі корпусу, деталі активатора і т.д.).

Оригінальні деталі конструюють відповідно до визначеної машини і вони, як правило, не мають подібного зразка. Окремі елементи оригінальних деталей не відрізняються від відповідних елементів типових деталей машин

загального призначення.

Конструювання деталей підлягає вирішенню задачі з конструктивно-технологічного формування, яке визначається експлуатаційними і технологічними вимогами, пропонованими до них.

Основні вимоги до деталей, які визначають їх властивості: міцність і рівномірність, твердість і зносостійкість, відсутність неприпустимого нагрівання, високий к.к.д. передач; застосування недефіцитних матеріалів для виготовлення; зменшення витрат; забезпечення зручності складання і розбирання складальних одиниць, зручність обслуговування машини, зручність транспортування; безшумність передач; досконалість зовнішньої форми й обробки.

Послідовність процесу конструювання деталі звичайно наступна:

1) складання розрахункової схеми, у якій максимально спрощується конструкція деталі та характер її сполучення з іншими деталями;

2) визначення величини навантажень, що діють на деталь; вибір матеріалу на підставі його фізико-механічних характеристик з урахуванням економічних факторів: вартості, доступності і т.д.;

3) попередній розрахунок найбільш характерних розмірів деталі за найбільш важливими критеріями працездатності й узгодження цих розмірів здіючими державними стандартами;

4) креслення деталі в загальному виді складальної одиниці з наступним деталюванням, тобто детальною конструктивною розробкою деталі з вказівкою на кресленні всіх її розмірів, допусків, класів чистоти поверхонь, спеціальних технологічних вимог (термообробки, покрить тощо);

5) виконання перевірних розрахунків за основними критеріями працездатності, тобто визначення запасів міцності в розрахункових перетинах, деформацій (прогинів, кутів закручування), критичних швидкостей і порівняння їх величини із допустимими. У тих випадках, коли необхідна відповідність між цими величинами не забезпечується, у конструкцію варто внести зміни, після чого знову зробити перевірні розрахунки. Послідовним наближенням удається забезпечити необхідну відповідність між розрахунковими і допустимими значеннями запасів міцності, прогинів і т.д.

З метою підвищення техніко-економічних показників при проектуванні варто враховувати вартість матеріалів, які витрачаються на деталь, і собівартість її виготовлення. Вартість матеріалів у конструкції можна зменшити за рахунок зменшення маси деталей; скорочення відходів матеріалу у виробництві; заміни дорогих матеріалів більш дешевими, але рівномірними; застосування прогресивних способів виготовлення заготовок для деталей

машин. Ощадливої витрати матеріалів, особливо металу, досягають раціональною конструкцією деталі й обґрунтованим їх застосуванням.

Необхідної міцності та твердості деталей варто домагатися введенням ребер жорсткості і раціональним розподілом металу в деталі, а не збільшенням товщини її стінок; не слід також допускати скупчень металу в окремих її частинах. У ненавантаженій або малонавантаженій зоні деталі рекомендується робити вікна і виїмки для більш рівномірного навантаження матеріалу.

Так, наприклад, видалення малонавантаженого матеріалу з центра перетину (рис. 5.1) забезпечує більш рівномірний розподіл напруг у ділянках, які залишаються.

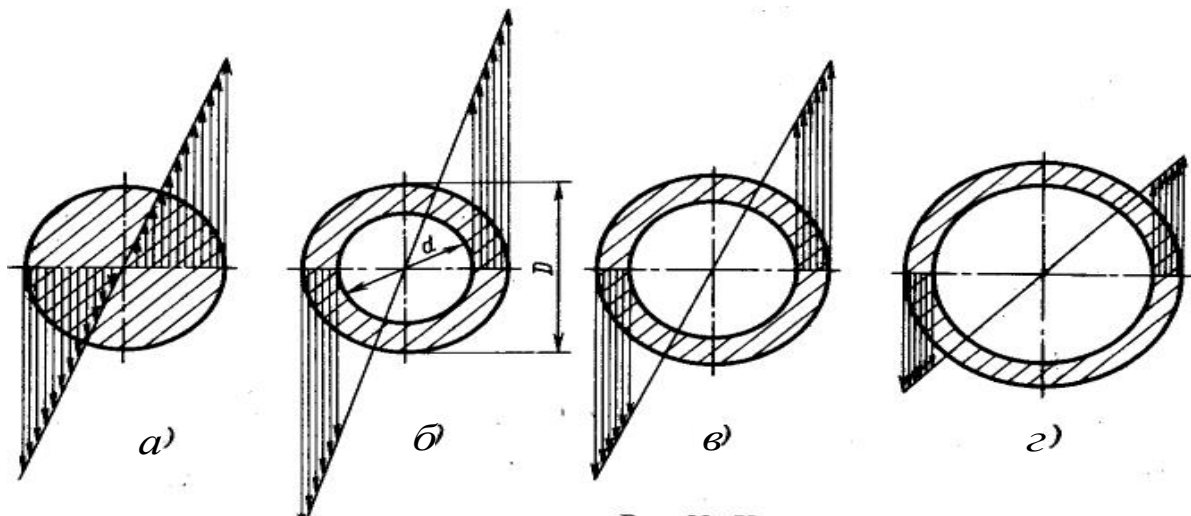


Рис. 5.1 – Напруження в циліндричних перетинах

У деталях складної конфігурації, з невизначено діючими напругами, виконують видалення металу з явно малонавантажених ділянок, що знаходяться осторонь від силового потоку (рис. 5.2)

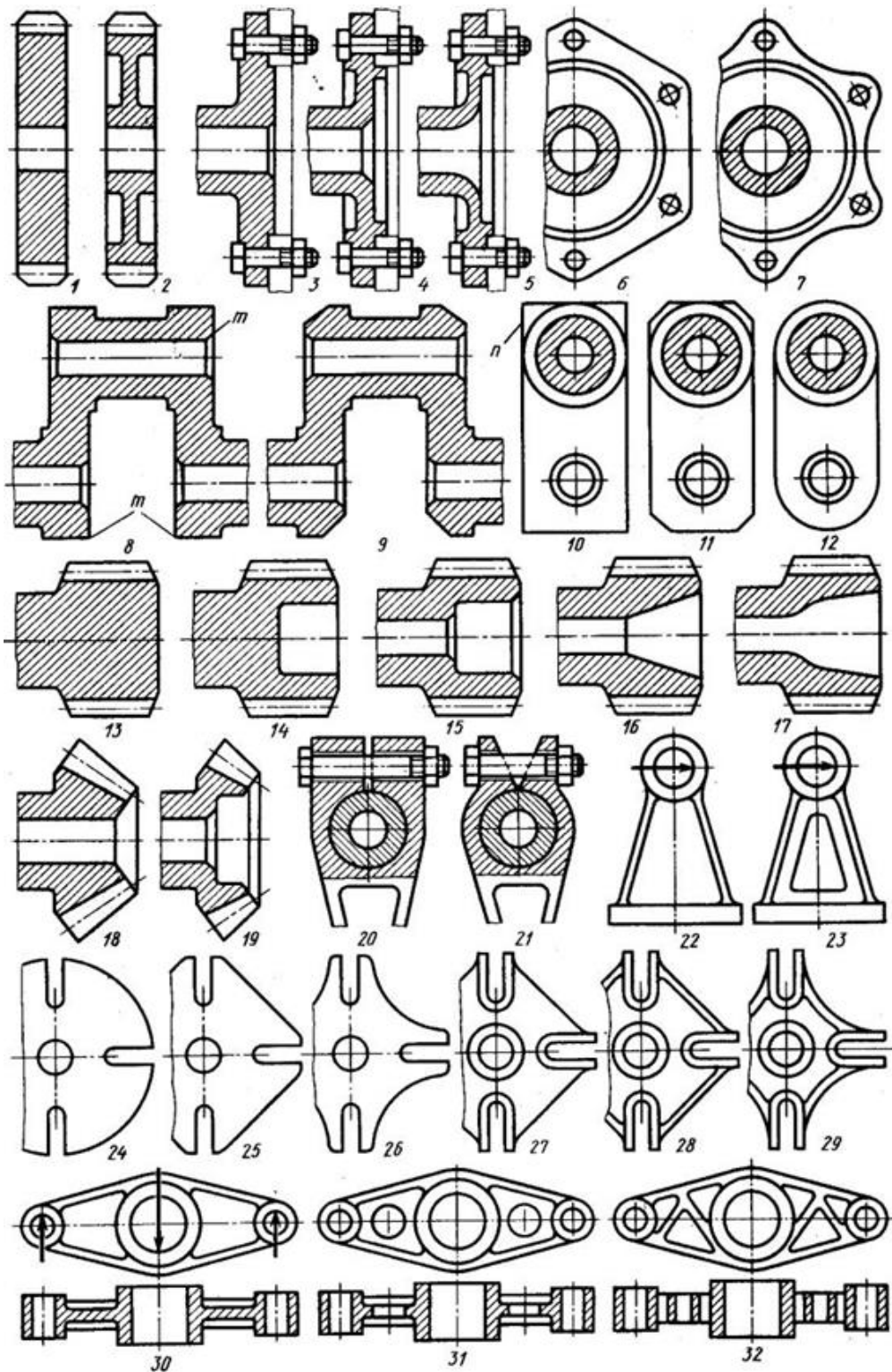


Рис. 5.2 – Приклади полегшення деталей

Замість металу варто застосовувати за можливістю пластмасові та інші неметалічні матеріали. Скрізь, де це доцільно, рекомендується замість сталі використовувати чавун, замість дорогих марок сталі – дешеві, застосовувати складені, збірні конструкції деталей (середню частину деталі з чавуну, зубчастий вінець зі сталі, бронзи і т.д.).

На технологічність конструкції деталі і вузла у великій мері впливає правильний вибір класу точності. Необхідно мати на увазі, що вартість обробки зростає з підвищенням точності (тобто зі зменшенням допусків) і особливо різко в області малих допусків.

Класи точності розмірів повинні бути тісно ув'язані з класами шорсткості поверхонь. Високу точність виготовлення є сенс призначати тільки для деталей, які мають малу вихідну шорсткість поверхні.

Практично вибір класу точності залежить від точності механізму, що впливає з його експлуатаційного призначення, від характеру необхідних з'єднань, що сприяють необхідній якості роботи з'єднання при експлуатації, і від точності машини в цілому.

Деталі, що піддаються термічній обробці, повинні мати прості геометричні форми і симетричну конфігурацію без гострих граней, тонких перемичок і різких переходів у перетинах, що сприяють виникненню напруг і тріщин при нагріванні й охолодженні. За цією самою причиною шорсткість поверхні деталей повинна бути не нижче  $Ra = 10$  мкм.

Інформацію про деталь представляють на кресленні графічно, а також у вигляді текстового матеріалу. Частина даних приводиться у вигляді спеціальних умовних позначок, встановлених відповідними стандартами.

Текстовий матеріал найчастіше включає наступні технічні вимоги до:

- матеріалу, заготовки, термічній обробці і до властивостей матеріалу готової деталі;
- якості поверхонь, вказівки про їх обробку, покриття: до розмірів, граничних відхилень розмірів, форм і взаємного розташування поверхонь;
- зазорів, розташуванню окремих елементів виробу;
- налаштування і регулювання виробу.

За перевіреними робочими кресленнями деталей часто викреслюють контрольно-складальні креслення складальних одиниць. При цьому легко виявляються помилки в розмірах окремих деталей, тому що при їх сполученні відразу виявляється розбіжність.

## Контрольні питання

1. Які основні задачі вирішують при конструюванні складальних одиниць?
2. Що повинно містити креслення складальної одиниці?
3. Вкажіть послідовність процесу конструювання деталі.
4. Вкажіть шляхи зменшення вартості матеріалів у конструкції машини.
5. Яку інформацію про деталь представляють на кресленні графічно.
6. Перерахуйте технічні вимоги, які можуть бути наведені в текстовому матеріалі, на кресленні деталі

## Тема: ПСИХОФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ОПЕРАТОРА В АПК

Час: 4 години

Мета: Вивчити психофізичні принципи організації роботи оператора в агропромисловому комплексі, ознайомитися з ергономічними вимогами до робочих місць операторів сільськогосподарської техніки та особливостями впливу виробничого середовища на ефективність їх діяльності.

### План:

1. Загальні положення.
2. Ергономічні властивості людини.
3. Організація робочого місця оператора в АПК.
4. Вплив виробничого середовища на роботу оператора.
5. Раціоналізація діяльності оператора в агропромисловому виробництві.

### **1. Загальні положення**

У сучасному агропромисловому комплексі значна частина виробничих процесів виконується за допомогою складної техніки: тракторів, зернозбиральних комбайнів, посівних комплексів, доїльних установок, автоматизованих ліній переробки продукції та систем контролю мікроклімату. Ефективність роботи таких машин значною мірою залежить не лише від їх технічного стану, а й від діяльності людини-оператора.

Під час проектування та експлуатації машин в АПК необхідно враховувати людський фактор, тобто розглядати систему «людина–машина–середовище». Людина-оператор у цій системі виконує функції контролю, управління та прийняття рішень. Від її уваги, швидкості реакції, фізичного та психологічного стану залежить продуктивність праці, якість виконання технологічних операцій і безпека виробництва.

Основою проектування систем «людина–машина» є інженерна психологія та ергономіка. Інженерна психологія досліджує процеси взаємодії людини з технікою, а ергономіка вивчає можливості та обмеження людини в трудовій діяльності для створення оптимальних умов праці.

У сільському господарстві оператор працює в умовах значних фізичних та нервово-емоційних навантажень. Наприклад, механізатор під час польових робіт одночасно контролює напрям руху агрегату, глибину обробітку ґрунту,

роботу двигуна, витрати пального, стан технологічного обладнання та дотримується правил безпеки.

Діяльність оператора включає чотири основні етапи:

1. приймання інформації;
2. оцінювання та переробка інформації;
3. прийняття рішення;
4. реалізація рішення через органи керування.

На ефективність діяльності оператора в АПК впливають об'єктивні та суб'єктивні фактори.

До суб'єктивних факторів належать:

- a) стан здоров'я оператора;
- b) рівень професійної підготовки;
- c) досвід роботи;
- d) психофізіологічні особливості;
- e) морально-психологічний стан.

До об'єктивних факторів належать:

- a) погодні умови;
- b) рівень освітлення;
- c) шум та вібрація;
- d) запиленість;
- e) організація робочого місця;
- f) режим праці та відпочинку;
- g) технічний стан машин.

Особливо важливим в АПК є врахування сезонності робіт. Під час посівної чи жнив оператори часто працюють у напруженому режимі, що підвищує втому та ризик помилок.

## **2. Ергономічні властивості людини**

Ергономічні властивості людини визначають її можливості ефективно працювати з технікою та обладнанням. У системі «людина–машина–середовище» вони враховуються при проектуванні тракторів, комбайнів, операторських пунктів, тваринницьких комплексів та переробних підприємств.

Основними ергономічними вимогами є:

1. гігієнічні;
2. антропометричні;
3. фізіологічні;
4. психофізіологічні;
5. психологічні.

Гігієнічні вимоги забезпечують нормальні умови праці та збереження

здоров'я працівника. В АПК до них належать:

1. допустимий рівень шуму і вібрації;
2. оптимальна температура повітря;
3. достатнє освітлення;
4. нормальна вологість;
5. мінімальна запиленість та загазованість.

Наприклад, у кабінах сучасних тракторів встановлюють системи кондиціонування, вентиляції та шумоізоляції.

Антропометричні вимоги враховують розміри тіла людини. Вони необхідні для правильного розташування:

1. сидіння;
2. педалей;
3. важелів керування;
4. дисплеїв;
5. приладів контролю.

Конструкція кабіни повинна забезпечувати зручну робочу позу та вільний доступ до всіх органів керування.

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги

Ці вимоги враховують:

1. фізичне навантаження;
2. швидкість реакції;
3. точність рухів;
4. особливості зору та слуху.

Під час роботи оператор не повинен витратити надмірні фізичні зусилля. Тому сучасна техніка обладнується гідропідсилювачами керма, автоматизованими системами керування та електронними дисплеями

Психологічні вимоги

Психологічні вимоги пов'язані зі здатністю людини:

- a. сприймати інформацію;
- b. концентрувати увагу;
- c. приймати рішення;
- d. працювати в стресових умовах.

У сільському господарстві це особливо важливо під час аварійних ситуацій або роботи в нічний час.

Погодження характеристик людини та технічного середовища здійснюється у таких напрямках:

- a. просторовому;
- b. часовому;
- c. інформаційному;

d. енергетичному.

Просторове погодження передбачає правильне розташування органів керування та приладів. Часове – врахування режиму праці та відпочинку. Інформаційне – відповідність обсягу інформації можливостям людини. Енергетичне – оптимальне фізичне навантаження.

### **3. Організація робочого місця оператора в АПК**

Робоче місце оператора – це частина виробничої системи, оснащена технічними засобами керування та контролю, де працівник виконує свої функції.

В АПК робочими місцями операторів є:

- a. кабіни тракторів і комбайнів;
- b. операторські приміщення зерносушарок;
- c. пункти керування тваринницькими комплексами;
- d. диспетчерські автоматизованих ліній.

Правильна організація робочого місця передбачає:

- 1. вибір раціональної робочої пози;
- 2. зручне розміщення органів керування;
- 3. оптимальну оглядовість;
- 4. відповідність обладнання антропометричним особливостям людини;
- 5. створення комфортних санітарно-гігієнічних умов.

Особливу увагу приділяють конструкції сидіння оператора. Воно повинно:

- a. регулюватися за висотою;
- b. зменшувати вплив вібрації;
- c. підтримувати правильне положення хребта.

Органи керування необхідно розташовувати відповідно до частоти використання:

- 1) найбільш важливі – у зоні оптимального досягання;
- 2) допоміжні – у допустимій зоні;
- 3) рідко використовувані – поза основною робочою зоною.

Прилади контролю та дисплеї повинні добре проглядатися без значного повороту голови або тулуба.

У сучасній сільськогосподарській техніці широко використовуються:

- I. електронні панелі;
- II. GPS-навігація;
- III. автоматичне водіння;
- IV. системи контролю врожайності;
- V. сенсорні дисплеї.

Такі системи значно полегшують роботу оператора та знижують його

втому.

#### **4. Вплив виробничого середовища на роботу оператора**

Виробниче середовище суттєво впливає на працездатність, самопочуття та безпеку оператора.

Умови праці в АПК часто характеризуються:

- 1) високою запиленістю;
- 2) шумом;
- 3) вібрацією;
- 4) перепадами температур;
- 5) підвищеною вологістю;
- 6) впливом хімічних речовин.

Виробниче середовище може бути:

- a. комфортним;
- b. відносно дискомфортним;
- c. екстремальним;
- d. надекстремальним.

Комфортне середовище

Забезпечує високу працездатність і нормальний стан здоров'я оператора. Такі умови створюються у сучасних кабінах тракторів і комбайнів.

Відносно дискомфортне середовище

Викликає втому та неприємні відчуття, але не призводить до серйозних порушень здоров'я.

Екстремальне середовище

Спричиняє значне зниження працездатності та погіршення фізіологічного стану працівника.

Надекстремальне середовище

Може викликати патологічні зміни в організмі та становить небезпеку для життя.

Для зменшення негативного впливу виробничого середовища необхідно:

- використовувати шумоізоляцію;
- застосовувати системи вентиляції;
- знижувати рівень вібрації;
- забезпечувати операторів засобами індивідуального захисту;
- дотримуватися режиму праці та відпочинку.

Особливо важливо контролювати стан операторів під час тривалих сезонних робіт у період жнив і посівної кампанії.

## 5. Раціоналізація діяльності оператора в агропромисловому виробництві

Раціоналізація діяльності оператора спрямована на підвищення продуктивності праці, зменшення втрати та зниження кількості помилок.

Основними напрямками раціоналізації є:

- оптимізація інформаційних потоків;
- удосконалення органів керування;
- покращення умов праці;
- автоматизація виробничих процесів.

Важливу роль відіграють засоби відображення інформації:

- прилади контролю;
- дисплеї;
- сигнальні лампи;
- звукові сигнали;
- електронні монітори.

За функціями вони поділяються на:

1. командні;
2. ситуаційні.

За способом використання:

1. для контрольного читання;
2. для кількісного читання;
3. для якісного читання.

У сучасних машинах АПК широко використовуються інформаційні системи, які:

1. контролюють витрати пального;
2. визначають врожайність;
3. автоматично регулюють роботу агрегатів;
4. повідомляють про несправності.

Раціональна організація інформаційних потоків передбачає:

1. своєчасну подачу сигналів;
2. уникнення перевантаження інформацією;
3. пріоритет аварійних повідомлень;
4. можливість швидкого прийняття рішення.

Рухи оператора повинні бути:

1. точними;
2. економними;
3. ритмічними;
4. мінімальними за кількістю.

Органи керування необхідно розташовувати відповідно до:

1. важливості;
2. частоти використання;
3. послідовності виконання операцій.

Сучасна автоматизація в АПК дозволяє значно знизити фізичне навантаження на оператора та підвищити точність виконання технологічних процесів.

### Контрольні питання

1. Назвіть фактори, що впливають на ефективність діяльності оператора в АПК.
2. Які ергономічні вимоги висуваються до системи «людина–машина–середовище»?
3. У яких напрямках здійснюється погодження характеристик людини і технічного середовища?
4. У чому полягає правильна організація робочого місця механізатора або оператора в АПК?
5. Як виробниче середовище впливає на працездатність оператора?
6. Яку роль відіграють засоби відображення інформації у роботі оператора?
7. Які системи відображення інформації використовуються в сучасній сільськогосподарській техніці?
8. Якими повинні бути раціональні рухи оператора?
9. Як необхідно розміщувати органи керування на робочому місці оператора?

## Рейтингова система балів з дисципліни

### «Інженерне проектування обладнання галузі»

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти здійснюється за рейтинговою системою балів. Для забезпечення конкретної оцінки всіх видів роботи здобувачів вищої освіти максимальна кількість залікових балів за кожний модуль приймається 100 з наступним перерахунком в загальну оцінку через коефіцієнт вагомості модуля. Оцінка виставляється у відповідності із приведеною шкалою.

### Шкала оцінювання

Лекція №	Кількість балів
1	0-5
2	0-5
3	0-5
4	0-5
5	0-5
6	0-5
7	0-5
8	0-5
<b>Всього</b>	<b>0-40</b>

### Шкала оцінок

#### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти, та шкала оцінювання – екзамен

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 - 100	<b>A</b>	<b>5 (відмінно)</b>
82 - 89	<b>B</b>	<b>4 (добре)</b>
75 - 81	<b>C</b>	<b>4(добре)</b>
64 - 74	<b>D</b>	<b>3 (задовільно)</b>
60 - 63	<b>E</b>	<b>3 (задовільно)</b>
35 - 59	<b>FX*</b>	<b>не зараховано з можливістю повторного складання</b> <b>2 (незадовільно)*</b>
0 - 34	<b>F*</b>	<b>не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</b> <b>2 (незадовільно)*</b>

**\*Оцінки FX та F у залікову книжку здобувача вищої освіти не виставляється відповідно до Положення про організацію освітнього процесу у МНАУ.**

<b>Оцінка (за національною шкалою) / National Grade</b>	<b>Мін. бал / Min. Marks</b>	<b>Макс. бал / Max. Marks</b>
<b>Національна диференційована шкала / National Differentiated Grade</b>		
Відмінно / Excellent	90	100
Добре / Good	75	89
Задовільно / Satisfactory	60	74
Незадовільно / Fail	0	59
<b>Національна недиференційована шкала / National Undifferentiated Grade</b>		
Зараховано / Passed	60	100
Не зараховано / Failed	0	59
<b>Шкала ЄКТС / ECTS Grade</b>		
A	90	100
B	82	89
C	75	81
D	64	74
E	60	63
FX	35	59
F	1	34

## ЛІТЕРАТУРА

1. Деталі машин і основи конструювання : конспект лекцій / уклад. В. В. Стрелец. Суми : Сумський державний університет, 2022. 150 с.
2. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М. Технологічні основи машинобудування : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.
3. Ефективність інженерних рішень : навчальний посібник / уклад. Л. М. Данильченко, В. В. Васильків, І. Г. Ткаченко, М. Д. Сіправська. Тернопіль : ТНТУ, 2024. 248 с.
4. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник / Кіровоградський національний технічний університет. Кропивницький : ЦНТУ, 1999-2025. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/communities/8e25844c-6b44-464b-af97-6d61c2375ef1/subcoms-cols>
5. Малафєєв Ю. М. Технологічні основи машинобудування : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 201 с.
6. Назаренко І. І., Ручинський М. М., Дєдов О. П., Міщук Є. О. Технологія машинобудування : навчальний посібник. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2024. 164 с.
7. Півень О. М., Товстолуг З. М. Інженерне проектування технології : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХП», 2023. 136 с.
8. Федік Л. Ю., Гуменюк Л. О., Гуменюк П. О. Виробничі процеси і обладнання об'єктів автоматизації : навчальний посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 286 с.
9. Хорольський В. П., Коренець Ю. М. Автоматизація виробничих процесів : підручник. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2022. 400 с.
10. Яковенко І. Е., Пермьяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХП», 2022. 421 с.

### Допоміжна література

1. Використання техніки в АПК. Частина 1 : курс лекцій / уклад. О. О. Лимар. Миколаїв : МНАУ, 2024. 92 с.
2. Експлуатація та технічний сервіс техніки в АПК : довідкові матеріали до виконання практичних робіт / уклад. Д. Д. Марченко, В. О. Артюх, О. О. Лимар. Миколаїв : МНАУ, 2019. 126 с.
3. Експлуатація та технічний сервіс техніки в АПК. Частина 2 : курс лекцій / уклад. О. О. Лимар. Миколаїв : МНАУ, 2022. 120 с.

4. Лимар О. О. Підвищення ефективності обробки жароміцних сталей в умовах неперервного точіння. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3(107). С. 113-120. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8952>
5. Hruban, V., Pastushenko, A., Khramov, M., Lymar, O., & Sukovitsyna, I. (2024). Study of mechanical and technological properties of seed fruits of vegetable and melon crops. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(1), 29-39. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2024.29>
6. Kurepin V., Lymar O. (2024). Assessment of the State of Personnel Safety of Agricultural Enterprises with the Help of Relevant Performance Indicators. *Modern Economics*, 43 (2024), 41-50. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V43\(2024\)-06](https://doi.org/10.31521/modecon.V43(2024)-06)
7. Lymar O.O. Lebedev YU.O. Ishchenko P.P. Increasing the efficiency of mechanical processing of aisi 420 steel. II international scientific and 54 practical conference for applicants for higher education, of educational and scientists 29-30 November. volume 2. Kyiv. 2023. P. 296-300. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17644>
8. Цизь І. Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин : навчальний посібник. Луцьк : ЛНТУ, 2016. 172 с.

Навчальне видання

**ІНЖЕНЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ В ГАЛУЗІ**  
**ЧАСТИНА ІІ**

курс лекцій

Укладач: **Лимар** Олександр Олександрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. \_\_.  
Тираж \_\_ прим. Зам. № \_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.