

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механічної та електричної інженерії

# МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту

## «Деталі машин»

для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва спеціальності  
133 Галузеве машинобудування



Полтава – 2022

Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Деталі машин» для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Попов С. Полтава: ПДАУ, 2022. 37 с.

Розробник: Попов С.В., завідувач кафедри механічної та електричної інженерії; к.т.н., доцент;

Рецензент Горбенко О.В., завідувач кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту, к.т.н., доцент.

Схвалені на засіданні кафедри механічної та електричної інженерії, протокол № 1 від «01» вересня 2022 року.

Схвалено Радою з якості вищої освіти спеціальності Галузеве машинобудування, протокол № 1 від «01» вересня 2022 року

## 1. Загальні положення

Курсове проектування з дисципліни «Деталі машин» є самостійною інженерною роботою студентів та займає особливе місце в системі підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. Виконання проекту закріплює та узагальнює знання, які студенти отримали під час лекційних, лабораторних і практичних занять. У процесі курсового проектування студент виконує комплексну задачу з дисципліни «Деталі машин», готуючись до виконання складнішого завдання – дипломного проектування. Під час виконання цього курсового проекту студент повинен опиратися на знання та навички, отримані під час вивчення Нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки, Теоретичної механіки, Теорії механізмів і машин, Опору матеріалів, Взаємозамінності стандартизації та уніфікації. Поряд з цим курсове проектування повинно навчити студента роботі з довідковою літературою, державними та міжнародними стандартами, номограмами і нормами, вміло поєднуючи їх з теоретичними знаннями, отриманими в процесі вивчення теоретичних положень відповідної дисципліни.

Мета курсового проектування «Деталі машин» – зміцнення, поглиблення та узагальнення знань, отриманих при вивченні дисципліни «Деталі машин» та набуття практичних навичок проектування деталей загального призначення.

Компетентності:

✓ *загальні:*

- здатність до абстрактного мислення;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

✓ *фахові:*

- здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- здатність втілювати інженерні розробки у галузевому машинобудуванні з урахуванням технічних, організаційних, правових, економічних та екологічних аспектів за усім життєвим циклом машини: від проектування, конструювання, експлуатації, підтримання працездатності, діагностики та утилізації;
- здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування;

- здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання;
- здатність реалізовувати творчий та інноваційний потенціал у проектних розробках в сфері галузевого машинобудування;
- здатність розробляти плани і проекти у сфері галузевого машинобудування за невизначених умов, спрямовані на досягнення мети з урахуванням наявних обмежень, розв'язувати складні задачі і практичні проблеми підвищення якості продукції та її контролювання.

Програмні результати навчання:

- знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі;
- знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку;
- здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні;
- відшуковувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її;
- розуміти відповідні методи та мати навички конструювання типових вузлів та механізмів відповідно до поставленого завдання;
- обирати і застосовувати потрібне обладнання, інструменти та методи;
- розробляти деталі та вузли машин із застосуванням систем автоматизованого проектування.

У процесі виконання курсового проєкту студент розвиває здібності до конструювання виробів, інженерної творчості, раціоналізації та винахідництва отримує навички роботи з довідковою літературою, вміння користуватись таблицями і номограмами та розробляти технічну документацію.

На курсове проєктування «Деталі машин» відводиться 90 годин навчального навантаження, що відповідає 3 кредитам ЄКТС.

## **2. Тематика курсових робіт**

Враховуючи те, що дисципліна «Деталі машин» вивчає деталі та вузли загального призначення, у технічному завданні на курсовий проєкт передбачається ування електромеханічних приводів, які складаються, із трьох передач у різних комбінаціях, а саме:

- зубчатої циліндричної (прямозубою або косозубою);
- зубчатої конічної;
- планетарної;
- черв'ячної;

- пасової та/або ланцюгової.

Як правило зубчаті та черв'ячні пропонуються закритого виконання.

Саме з таких механізмів складається переважна кількість приводів сучасних технологічних машин та агрегатів переробної та тваринницької галузі сільськогосподарського виробництва.

Орієнтовна тематика проєктів:

1. Привод до скребкового транспортера.
2. Привод до валу стрічкового транспортера.
3. Привод до ланцюгово-планчатого транспортера.
4. Привод до подрібнювача кормів.
5. Привод транспортера для роздачі кормів.
6. Привод до кліткової батареї для групового утримання курей.
7. Привод до мішалки корму в бункері кормороздавача.
8. Привод до шнекової машини для миття дрібних деталей.
9. Привод зернового елеватора.
10. Привод шнекового транспортера.
11. Проєктування стрічкового конвеєра для транспортування зерна в елеваторі.
12. Розробка конструкції шнекового конвеєра для подачі комбикормів у тваринницькій фермі.
13. Конструктивне проєктування ланцюгового скребкового конвеєра для силосної маси.
14. Проєктування ковшового елеватора для вертикального підйому насіння.
15. Розробка конструкції мобільного стрічкового конвеєра для завантаження зерна в автотранспорт.
16. Проєктування механізму натягу стрічки конвеєра з урахуванням умов сільськогосподарського виробництва.
17. Проєктування поворотного конвеєра для сортування овочів на переробному підприємстві.
18. Розробка конструкції багаторівневого стрічкового конвеєра для сортування і пакування фруктів.
19. Конструктивне проєктування шнекового конвеєра з горизонтально-похилою ділянкою.
20. Проєктування вузла завантаження в системі подачі зерна до зерносушарки.
21. Розробка приводу стрічкового конвеєра з урахуванням частотного регулювання швидкості.
22. Проєктування транспортера з лопатевим органом для подачі сипких добрив.
23. Розробка конструкції поперечного стрічкового конвеєра для комбикормового заводу.

24. Проектування обгумованого привідного барабана для стрічкового конвеєра.
25. Розробка опорної станини для конвеєра з регулюванням висоти.
26. Проектування бункера з дозатором у складі конвеєрної лінії для фасування зерна.
27. Конструктивне рішення вузла повороту напрямку руху продукції на конвеєрі.
28. Проектування конвеєра зі змінним кутом нахилу для навантаження в причіп.
29. Розробка модульної конструкції стрічкового конвеєра для мобільного застосування.
30. Проектування розвантажувального пристрою стрічкового конвеєра з заслінками.

### **3. Принцип обрання теми курсового проєкту**

Тему здобувачі вищої освіти обирають самостійно за погодженням із призначеним керівником проєкту, спираючись на рекомендовану тематику. Здобувач вищої освіти може подавати власні пропозиції щодо тематики та особливостей компонування передач у завданні до курсового проєкту на розгляд кафедри.

За обраною темою курсового проєкту складається відповідне технічне завдання за підписом студента та керівника, тематика якого затверджується протоколом засідання кафедри. Після затвердження теми курсового проєкту студент повинен розпочати її виконання.

Загалом виконаний курсовий проєкт має складатися з двох частин: розрахунково-пояснювальної записки та комплекту графічної документації.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити всі необхідні проєктні та перевірочні розрахунки деталей приводу, які мають бути розроблені та супроводжені розрахунковими схемами й необхідними ілюстраціями (ескізи вузлів і деталей приводу), а також обґрунтування та пояснення щодо прийнятих конструктивних рішень щодо використаних стандартних виробів.

Графічна документація у проєкті має складатися із складальних креслеників приводу та редуктора; робочих креслеників чотирьох спряжених деталей. При цьому зазначена конструкторська документація має бути виконана на основі електронних моделей відповідних виробів.

### **4. Стадії розробки проєкту**

Під час виконання курсового проєкту, в умовах навчального процесу, встановлюються такі стадії розробки конструкторської документації:

- технічна пропозиція (технічне завдання, що видається студенту викладачем):
- ескізний проєкт;
- технічний проєкт;
- робочі креслення деталей.

Стадії розробки курсового проєкту реалізуються послідовно в порядку, наведеному вище. Вихідні дані для виконання кожної наступної стадії розробки випливають з результатів попередньої.

#### **4.1. Технічне завдання**

До технічного завдання на курсовий проєкт входять: кінематична схема приводу; вихідні дані для розрахунку (крутний момент та швидкість обертання робочого валу машини, термін служби приводу, режим навантаження при роботі, та режим використання протягом доби, року).

#### **4.2. Технічна пропозиція**

Призначення технічної пропозиції – визначити основні розміри: вузлів та деталей і приводу в цілому, оптимальне відносне розташування вузлів, деталей та складальних одиниць у просторі. Технічну пропозицію розробляють на підставі аналізу технічного завдання, вивчення різних варіантів рішення, пропонованих у відповідній технічній літературі, виконання серії проєктних розрахунків та дослідження можливих конструкторських рішень (література).

Структура технічної пропозиції така:

- 1) розрахунки основних параметрів проєктованого приводу, а саме визначення: потрібної потужності електродвигуна та його вибір; потужностей та крутних моментів на валах привода;
- 2) кінематичні розрахунки – визначення передаточних чисел передаточних передач та приводу в цілому, швидкостей обертання валів;
- 3) проєктні розрахунки з визначенням розмірів деталей, що виконуються як попередні і використовуються надалі під час розроблення ескізного та технічного проєктів;
- 4) компоновальні схеми складальних одиниць (редуктора, приводу в цілому), які повинні бути виконані за допомогою Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor або інших.

Технічна пропозиція після погодження з викладачем є базою для розроблення технічного проєкту.

#### **4.3. Ескізний проєкт**

Розробляється на базі технічної пропозиції. Призначення ескізного проєкту – принципове розроблення в загальних рисах конструкції складальних одиниць та деталей, визначення основних параметрів та габаритних розмірів проєктованих виробів.

Структура ескізного проєкту:

- 1) загальні вигляди складальних одиниць, де показані принципові конструктивні рішення, будова та принцип роботи виробу, конструкції деталей передач, валів та опор, корпусних деталей, способи регулювання відносного положення деталей та ін.;
- 2) креслення складальних одиниць слід виконувати за допомогою системи автоматизованого проектування;
- 3) розрахунки деталей на міцність, жорсткість та за іншими, що переважають, критеріям працездатності (деталі передач, вали та їх опори, з'єднання тощо).

Ескізний проєкт після погодження з викладачем є базою для розроблення технічного проєкту.

#### **4.4. Технічний проєкт**

Розробляється на базі ескізного проєкту. Призначення технічного проєкту – визначення розмірів та розробка конструкції всіх деталей виробу, прийняття рішень щодо відносного розташування і взаємодії всіх ланок приводу.

Структура технічного проєкту:

- пояснювальна записка з розрахунками;
- загальний вигляд складальних одиниць (вузлів) виробу;
- загальний вигляд виробу, (складальне креслення виробу);
- специфікація складальних одиниць (вузлів) виробу і загального вигляду виробу.

#### **4.5. Позначення конструкторських документів**

У навчальному проєкті позначення конструкторських документів складаються з таких частин:

- позначення пояснювальної записки (наприклад: ДМ 02.00.000 ПЗ, де «ДМ» – умовний код – позначення курсового проєкту з деталей машин, а «02» – номер варіанту завдання, «00» – номер складальної одиниці, «000» – номер деталі, «ПЗ» – пояснювальна записка);
- позначенням конструкторської документації загального виду приводу (приміром: ДМ 02.00.000 СК, де «СК» – означає складальне креслення, ДМ 02.00.000 – специфікація на загальний вигляд приводу);
- позначенням порядкового номера деталей приводу (приміром: ДМ 02.00.001, ДМ 02.00.002 і т. д., де 001, 002 і т. д. номери деталей загального вигляду виробу (приводу) – зірочка, шків і т.п.; ДМ 02.01.001, ДМ 02.01.002 і т. д., де “01.001, 01.002” і т. д. – номери деталей загального вигляду одиниці редуктора – корпус, вал і т. ін.);
- позначення конструкторської документації складальної одиниці (приміром: ДМ 02.01.000 СК, ДМ 02.02.000 СК і т. д., де «01, 02, ..., 99» відповідно означають номери складальних одиниць приводу; ДМ 02.01.000 – специфікація на загальний вигляд відповідної складальної одиниці редуктора і т. ін.);

- позначенням порядкового номера окремих вузлів складальної одиниці (приміром: ДМ 02.01.001, ДМ 02.01.096 і т.д. – зубчате колесо редуктора, кришка вентилятора тощо).

## **5. Рекомендації щодо виконання окремих етапів**

Пристаючи до курсового проектування з дисципліни «Деталі машин», чітко усвідомити мету та завдання роботи, детально вивчити кінематичну схему запропонованого до розроблення приводу, область застосування, також необхідно опрацювати літературу з наголосом на особливості проектування деталей та вузлів, що містить отримане технічне завдання.

### **5.1. Вступ**

У вступі необхідно відзначити чільне місце в народному господарстві України галузі машинобудування взагалі та сільськогосподарського машинобудування зокрема.

З огляду на те, що дисципліна «Деталі машин» вивчає вузли та деталі типові, загального призначення слід охарактеризувати запропоновану до розроблення схему приводу як з погляду її універсальності, так і з можливим використанням до машин для переробних, тваринницьких галузей, описавши особливості схеми, і переваги тощо.

### **5.2. Кінематичний розрахунок приводу та вибір електродвигуна**

Кінематичний розрахунок приводу полягає у визначенні конкретного передаточного числа приводу за заданою схемою виходячи з заданої частоти обертання вихідного валу та частоти обертання валу електродвигуна обраної марки. Схема розбивається на передаточні числа окремих передач, з яких складається привод. Всі вали приводу, починаючи з валу двигуна, слід пронумерувати, і для кожного з них визначити потужність, частоту обертання і крутний момент. Результати необхідно оформити у вигляді таблиці. Отже, таблиця параметрів валів містить вихідні дані для всіх подальших розрахунків курсового проекту і тому підлягає затвердженню керівником проекту.

### **5.3. Розрахунки передач приводу**

Передачі приводу розраховують послідовно, починаючи від двигуна. Для кожної наступної передачі вихідними кінематичними і силовими параметрами є уточнені в результаті повного розрахунку попередньої передачі відповідні величини. Для останньої з послідовно з'єднаних передач приводу слід уточнити передаточне число з урахуванням одержаної частоти обертання вихідного валу.

Розрахунок зубчастих передач виконується за класичною схемою:

- 1) Вибір матеріалів коліс з урахуванням критеріїв працездатності, виду пошкодження зубців та умов роботи передачі.

- 2) Обґрунтований вибір способу зміцнення робочих поверхонь зубців (термічна, хіміко-термічна обробка тощо).
- 3) Визначення допустимих контактних та згинальних напружень.
- 4) Обчислення основних геометричних параметрів передачі (міжосьова відстань, конусна ділительна відстань, ділительний діаметр шестерні, модуль зачеплення) за основним критерієм працездатності.
- 5) Перевірочний розрахунок основних параметрів передач за іншими важливими критеріями працездатності.
- 6) Визначення всіх геометричних параметрів зубчастих коліс.

Детальніше про це можна дізнатись з рекомендованої літератури [1-11].

Допускається для отримання результатів розрахунків використовувати системи автоматизованих розрахунків із долученням результатів розрахунку у додатках до проекту.

Окремо слід відзначити, що схеми розрахунків закритих і відкритих зубчастих передач відрізняються послідовністю етапів, а саме: для закритих передач основним критерієм працездатності є контактна витривалість активних поверхонь зубців і, отже, основний вид розрахунку – за контактними напруженнями (визначення між осьової відстані або мінімального ділительного діаметра шестерні); для відкритих передач основним критерієм працездатності є згинальна витривалість зубців, основний вид розрахунку – за згинальними напруженнями (визначення модуля зачеплення).

Розраховуючи черв'ячні передачі на етапі вибору матеріалу зубчастого вінця черв'ячного колеса, слід обов'язково враховувати фактор дефіцитності й високої вартості високоалюмінієвої бронзи (за можливістю прагнути обійтися чавуном або безалюмінієвою бронзою). Загалом, схема їх розрахунку подібна до вище наведеної і достатньо детально висвітлена [1, 6, 7].

Передачі з гнучкою ланкою (пасові та ланцюгові) розраховуються за відомими методиками [1-7], а саме: пасові за критерієм забезпечення тягової здатності паса, а ланцюгові за табличним методом, в основі якого лежать критерії контактної витривалості робочих поверхонь шарнірів ланцюга.

У розрахунках клинопасових передач слід зауважити на те, що пасів має бути не менше двох і не більше восьми.

Щодо ланцюгових передач, то у їх розрахунках перевагу слід віддавати роликівим ланцюгам, як найуживанішим у приводах загального призначення.

Після розрахунку будь-якої з передач необхідно у пояснювальній записці навести ескізи ведучої та веденої ланок із зазначенням остаточно прийнятих розмірів. Наприкінці розрахунку кожної з передач потрібно визначити зусилля, що виникають в зачепленні (зубчасті передачі колові, радіальні, осьові) або зусилля, що діє на вал від натягу гнучкої ланки (пасові та ланцюгові передачі).

#### **5.4. Ескізна компоновка редуктора**

Компонування редуктора як центральної об'єкту приводу необхідне для орієнтовного окреслення габаритів деталей, визначення їх взаємного розташування і, нарешті, для остаточного встановлення їх розмірів.

Наприклад, розрахунок валів редуктора на статичну міцність (у разі спільної дії крутних і згинальних моментів) можливий лише після визначення відстані між опорами та точками прикладання зусиль від деталей передач. Ці відстані можна визначити тільки з компоувального ескізу, виконаного із дотриманням масштабу.

Отже, компоування полягає в масштабному схематичному зображенні головного виду редуктора (для зубчастих редукторів це – горизонтальний розріз на рівні осей валів, для черв'ячних – фронтальний розріз по осі черв'яка). При цьому наносять контури всіх деталей передач у їх правильному взаємному розташуванні, вали та їх опори (у редукторах загального призначення – підшипники кочення).

Звичайно ескізне компоування редуктора [6] виконується після розрахунків всіх передач приводу. При цьому відстані між опорами валів і всі інші довжини їх ділянок невідомі. Через це в межах ескізного компоування виконується орієнтовний розрахунок валів – на кручення за зниженими допустимими напруженнями.

На компоувальному ескізі вали зображуються гладкими з постійним діаметром по всій довжині. Дані про підшипники на даному етапі проектування відсутні, тому для компоування вибирають відповідні підшипники кочення вузькі середньої серії тільки за діаметром внутрішнього кільця (він же – визначений вище орієнтовний діаметр валу).

Найзручніше ескізне компоування виконувати у САПР. При цьому деталі передач та підшипники викреслюють спрощено – за габаритними розмірами, кришки підшипників – конструктивно, виходячи з діаметра зовнішнього кільця підшипника та керуючись принципом пропорцій.

У результаті ескізного компоування можливе визначення орієнтовних розмірів корпусних деталей редуктора і його габаритних розмірів.

### **5.5. Розрахунок валів**

В даному курсовому проекті виконуються три види розрахунку валів [1,6,7]: за крутним моментом (орієнтовний, під час ескізного компоування редуктора), на статичну міцність і на втомлюваність.

Розрахунок валів на статичну міцність є одним з основних етапів проектування. Його суть полягає у визначенні місця розташування небезпечного перерізу валу, а згодом – мінімального діаметра валу для цього перерізу.

Починається цей розрахунок зі складання просторої схеми навантаження всіх валів приводу від деталей передач в їх взаємозв'язку. Схема має бути зображена в аксонометрії (рисунок 1). На ній повинні бути вказані: напрямки обертання валів, напрямки крутних моментів та сил, що діють на вали. Ця розрахункова загальна схема складається за принципом рівноваги системи: крутні моменти і зусилля, що діють на один і той самий вал з різних джерел, мають бути протилежно напрямленими. Це досягається відповідним вибором

напрямку руху ланок передач (отже, і колових зусиль) та нахилу зубців осьові зусилля).

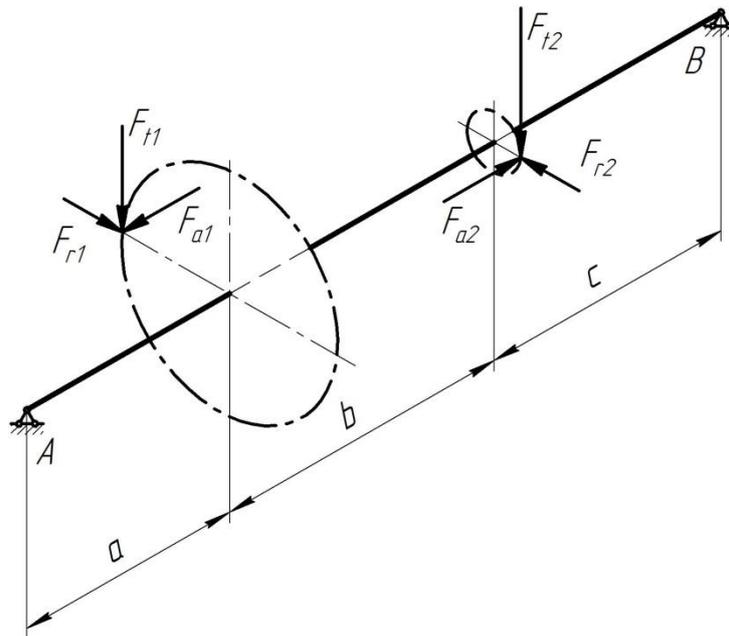


Рисунок 1 – Просторова схема проміжного валу

Далі для кожного з валів будується конкретна розрахункова схема (рисунок 2) у вигляді статично визначеної балки, визначаються реакції опор, будуються епюри крутних і згинальних моментів. Оскільки зусилля з боку деталей передач діють на вал в різних площинах, реакції опор визначаються для двох варіантів схеми навантаження кожного валу – у горизонтальній і вертикальній. Для цих двох схем будують епюри згинальних моментів, далі визначають сумарні згинальні моменти в характерних точках. Побудувавши епюру крутного моменту, для характерних точок визначають величини еквівалентних моментів.

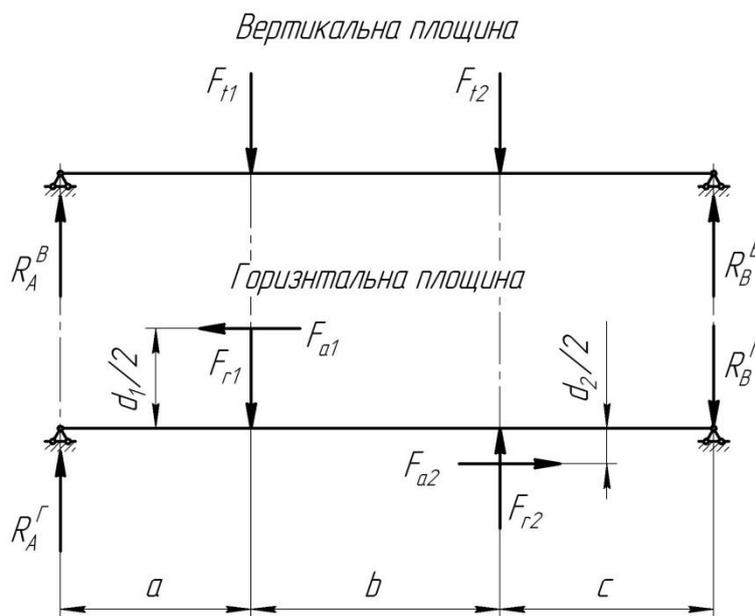


Рисунок 2 – Розрахункова схема проміжного валу

Після цього будується епюра еквівалентного згинального моменту і за нею (місця значних навантажень) визначають місце знаходження небезпечних перерізів валу.

Для кожного небезпечного перерізу валу визначають мінімальний його діаметр за допустимим значенням напружень, які визначається відповідно до вибраного матеріалу валу.

Значення визначених таким чином діаметрів валу в характерних перерізах треба заокруглити у бік збільшення за нормальним рядом лінійних розмірів [4, 8-10], зважуючи на те, що діаметри цапф мають бути кратні п'яти що відповідає посадковим діаметрам внутрішніх кілець підшипників кочення.

Наступним етапом проєктування валу є його ескізна розробка на основі отриманих розрахункових даних.

Ескіз викреслюють під епюрою зведеного моменту, що наочно засвідчує відповідність величини навантаження діаметрові валу на даній ділянці.

Оскільки вал – це деталь, що працює в умовах складного напруженого стану і до того ж має значну кількість джерел локальної концентрації напружень (шпонкові пази, різкі перепади діаметрів тощо), потрібна перевірка його на втомлюваність.

У межах курсового проєкту достатньо виконати перевірний розрахунок на втому одного валу редуктора. Суть розрахунків полягає у визначенні коефіцієнтів запасу для найнебезпечніших з погляду концентрації напружень перерізах валу і порівнянні їх з допустимими.

### **5.6. Розрахунок та вибір підшипників**

Опорами вузлів у редукторах приводів загального призначення служать стандартні підшипники кочення [11]. Через це проєктувати їх немає потреби – виконується підбір з стандартного ряду за критерієм довговічності робочих поверхонь тіл кочення та кілець, що оцінюються основним параметром – динамічною вантажопідйомністю, для визначення якої береться до уваги найбільша реакція опори даного валу.

Спочатку виходячи з схеми навантаження валів та їх опор (рисунок 2) вибирають тип підшипника за певними ознаками (радіальний, радіально-упорний і т. ін.). Далі визначають динамічну вантажопідйомність і за нею за каталогом, керуючись також внутрішнім діаметром підшипника (відомий з розрахунку валу), підбирають його типорозмір, що позначається в таблицях певним номером згідно з прийнятою системою маркування [3,4,11]. Динамічна вантажопідйомність вибраного підшипника має бути такою, що дорівнює розрахованій або дещо перевищувати її.

### **5.7. Розрахунок шпонкових з'єднань**

Оскільки для механізмів з передаточним зачепленням не рекомендується застосування напружених шпонкових з'єднань (клинові шпонки створюють ексцентриситет у разі посадки коліс на вал), в електромеханічних приводах

загального призначення застосовують призматичні шпонки або за потреби - шліцьові з'єднання.

Розміри шпонок та шліців у попередньому перерізі встановлені стандартом залежно від діаметра валу. Їх довжину визначають конструктивно залежно від довжини маточини.

Отже, виконується перевірний розрахунок з'єднань на міцність після підбору їх конструктивних та геометричних параметрів в літерному вираженні, розташувати зусилля (розрахункова схема) і виконати розрахунок за доступними напруженнями [2-5].

### **5.8. Вибір муфт**

У приводах загального призначення застосовують стандартні муфти перших трьох класів за класифікацією [8-10]. Серед них найпоширенішими є: з некерованих – пружні та компенсуванні, з керованих – кулачкові та фрикційні, з самокерованих – запобіжні.

Спочатку залежно від вимог, пов'язаних зі властивостями даного привода, вибирають тип муфти, а далі – із стандартного ряду виходячи із крутного моменту і діаметра валу – типорозмір. Оскільки підбір стандартної муфти виконується по суті за номінальними параметрами, без урахування динаміки і режиму роботи привода, після цього потрібно виконати перевірний розрахунок її робочих елементів на міцність.

При цьому слід виконати розрахункову схему – ескіз муфти або фрагмент з робочими елементами і навантаженням.

### **5.9. Тепловий розрахунок редуктора**

Тепловий розрахунок редуктора виконується тільки для черв'ячних редукторів. Його суть полягає у забезпеченні балансу між теплом, що виділяється під час роботи редуктора і нагріває його, і кількістю тепла, що його конструкція здатна відвести у довкілля.

Розрахунок має перевірочний характер [1-6]. При цьому орієнтовано визначають площу поверхні корпусу редуктора, омиваної з одного боку маслом, а з другого – навколишнім повітрям виходячи з уже відомих розмірів спроектованої передачі.

Під час такого розрахунку потрібно в масштабі виконати відповідний ескіз з розмірами охолоджуваних поверхонь. У разі потреби збільшують поверхню корпусу (ребра на зовнішньої поверхні).

### **5.10. Вибір системи змащування зачеплень передач та опор**

У редукторах електромеханічних приводів загального призначення звичайно застосовується комбіноване змащування, що його часто називають картерним [6]. При цьому одне або кілька зубчастих коліс занурюється у ванну з рідким мастилом в нижній частині корпусу редуктора (картері), а інші вузли та деталі, в тому числі і підшипники, змащуються за рахунок розбризкування

мастила та циркуляції в порожнині корпусу утвореного масляного туману. Таке змащення за часом є безперервним і застосовується за колових швидкостей занурених коліс не вище 15 м/с (такими є приблизно 99% всіх редукторів загального призначення). За більших значеннях швидкостей спостерігаються значні гідравлічні втрати потужності на розбризкування, а також відбувається інтенсивне нагрівання і окислення мастила.

Для вибраного згідно з рекомендаціями [6,7] мастила в записці слід зазначити його вид, динамічну в'язкість, температуру спалахування та щільність.

Під час виконання цього розділу слід виконати ескіз масляної ванни з розмірами, що забезпечують необхідний об'єм мастила. За існуючими нормами для зубчастих редукторів потрібно 0,3...0,5 л на 1 кВт потужності, для черв'ячних – у двічі більше

Звичайно за умови картерної системи змащення у ванну занурюються тільки тихохідні колеса на глибину  $h = (4...5) m$ , за умови  $n_2 d_2 < 100$  (тут  $n_2$  – частота обертання тихохідного колеса,  $xv^{-1}$ ;  $d_2$  – ділительний діаметр колеса, м), як встановлено емпірично, масляних бризок і туману створюється замало, і підшипники змащуються недостатньо.

У зв'язку з цим рекомендується при  $v < 3$  м/с підшипники змащувати автономно консистентним маслом (солідол, консталин тощо). У такому разі у підшипникових вузлах ставляться масло стримувальні кільця.

Враховуючи згадане, потрібно у записці обґрунтовано вибрати систему змащення коліс, опор валів, параметри системи і описати їх у ескізному супроводі. Таким самим чином слід описати способи і засоби контролю рівня мастила, його заливання, вливання тощо.

### 5.11. Складальне креслення редуктора

Креслення виконують на аркуші формату, встановленого стандартом із основним написом (рисунок 3).

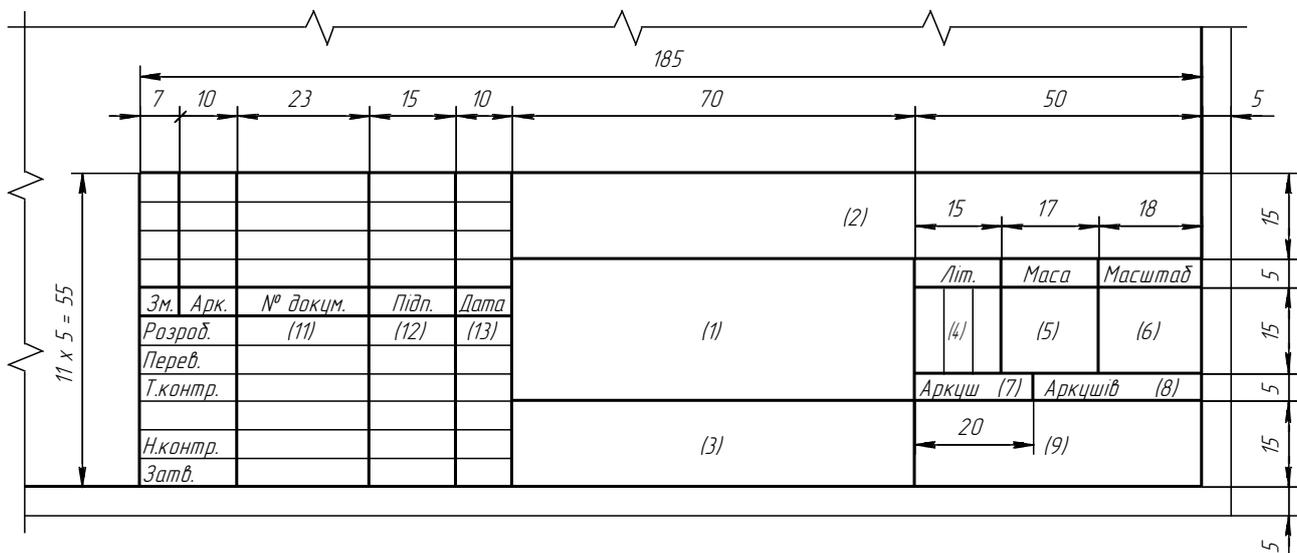


Рисунок 3 – Основний напис на аркушах креслень

У відповідних графах форми основного напису (рисунок 3) відповідно послідовно вказують:

- (1) - назву виробу;
- (2) - позначення документа;
- (3) - позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на кресленнях деталей);
- (4) - літеру, присвоєну документу (в навчальних проектах літера «Н»);
- (5) - маса виробу, в кг;
- (6) - масштаб (проставляється відповідно до стандарту);
- (7) - порядковий номер аркуша;
- (8) - загальне число аркушів (вказується на першому аркуші);
- (9) - коротка назва організації, яка випустила документ (аббревіатура ПДАУ), індекс академічної групи.

На кресленнях загального вигляду складальної одиниці виробу мають бути відображені всі її деталі (Додаток Є). Кількість перерізів, розрізів, виносок, а також текст напису повинні бути достатніми для виконання на його базі робочих креслень відповідних деталей. Виносні елементи, що мають функції розшифрування (опори, ущільнення, з'єднання, сполучення, які на кресленні загального вигляду через малі розміри можуть бути зображені умовно), викреслюють у масштабі збільшення. На кресленні мають бути старанно опрацьовані всі з'єднання деталей і обов'язково наведені такі дані:

- габаритні розміри за трьома координатними напрямками (довжина, ширина, висота);
- приєднувальні розміри: діаметр та довжина вхідного та вихідного валів, параметри шпонкових або шліцьових з'єднань на них; відстані від упорних буртиків вихідних кінців валів до центрів кріпильних отворів на рамі; діаметр та координати цих отворів; відстані від геометричних осей валів до базових площин; розміри базових площин та ін.;
- основні розміри, що є характерними параметрами складальної одиниці: міжосьова відстань циліндричної зубчастої (черв'ячної) передачі з граничними відхиленнями; конусна ділильна відстань конічних зубчастих коліс та ін.;
- сполучні розміри посадки зубчастих, черв'ячних коліс, шківів, зірочок, підшипників, пів муфт на валах, а також стаканів, кришок підшипників у отворах і т. ін.; розміри шліцьових з'єднань, нарізок на валах тощо;
- технічна характеристика виробу: загальне передаточне число редуктора, частота обертання вихідного вала і крутний момент (або потужність на ньому); кількість зубців та модулі зачеплення коліс; кути нахилу зубців; кількість заходів черв'яка та ін.;
- технічні вимоги: ступінь точності виготовлення передач та ін.;
- вказівки про додаткові операції, що мають виконуватись під час складання; наприклад: «Свердлити і розвернути», «Відігнути», «Розвальцювати», «Покрити рідким склом або лаком» тощо;
- рівні мастила в картері редуктора – найбільший та найменший із зазначенням розмірів відстаней від осей коліс до його поверхні.

На кресленні загального вигляду складальної одиниці показують номери позицій всіх вузлів та деталей згідно зі специфікацією.

### **5.12. Креслення деталей**

Креслення деталей розробляють на основі технічного проєкту. При виконанні курсового проєкту виконуються креслення лише чотирьох деталей, що входять до складу даного приводу: зубчасте черв'ячне колесо, вал, черв'ячний вал, кришка підшипника, стакан, зірочка, шків тощо. Обов'язково у цьому наборі деталі мають бути сполучені (колесо і вал, зірочка з цього ж вала; кришка підшипника і стакан з цього ж вузла і т. ін).

Деталь на кресленні зображують в робочому положенні – як вона працює у складі машини або як вона розташована під час її обробки. Приміром, геометричну вісь деталі, що є тілом обертання (вал, колесо тощо), розташовують паралельно основному напису. Праворуч розташовується той бік деталі, де найбільше оброблюваних поверхонь.

На кресленнях має бути інформація про форму, розміри деталі, граничні відхилення розмірів та форми, ступінь шорсткості поверхонь, марку матеріалу деталі, спосіб зміцнення її робочих поверхонь та інші відомості, потрібні для виготовлення та контролю деталі і т.д.

Граничні відхилення форм та взаємного розміщення поверхонь на кресленнях типових деталей можна зображати умовними позначками або у вигляді текстових пояснень. Перевага надається умовним позначкам, як більш компактним, наочним і зручним для читання.

Для окремих груп деталей вказуються такі дані про граничні відхилення форм і взаємне розташування поверхонь.

Вали, черв'ячні вали, вали-шестерні:

- округлість та нециліндричність шийок для кілець підшипників, головок для маточин зубчастих та черв'ячних коліс, зірочок, пів муфт, шківів;
- биття торців запlechників для упору кілець підшипників, маточин зубчастих та черв'ячних коліс, зірочок, пів муфт, шківів;
- радіальне биття поверхонь для посадки зубчастих та черв'ячних коліс, зірочок, пів муфт, шківів відносно підшипникових шпонок.

Зубчасті та черв'ячні колеса:

- некруглість та нециліндричність базового (центрального) отвору;
- биття торців маточин; биття торців зубчастих вінців.

Стакани:

- некруглість та нециліндричність базового отвору;
- некруглість та нециліндричність зовнішнього циліндра;
- радіальне биття поверхні зовнішнього циліндра відносно осі базового отвору;
- биття торця для упору кільця підшипника;
- биття торця фланця стакана.

Шків:

- некруглість та нециліндричність базового отвору;

- биття торців маточини;
- радіальне биття обода шківів плоско пасової та канавок шківів клинопасової передач.

### **5.13. Загальний вигляд виробу (привід машини)**

Креслення загального вигляду приводу – це документ, що визначає відносне розташування складальних одиниць та деталей, габаритні розміри та приєднувальних поверхонь деталей приводу. Призначення креслення – дати повне уявлення про привід в цілому, його експлуатаційну характеристику, основні розміри, взаємозв'язки окремих складальних одиниць, з'єднувальних поверхонь деталей та їх розміри.

Загальний вигляд приводу, зважаючи на значні габарити об'єкта, виконується в стандартному масштабі зменшення в трьох проекціях.

На кресленні загального вигляду складальні одиниці та деталі приводу зображують спрощено (наприклад гвинти, болти, гайки, крім тих, що кріплять редуктор та двигун до рами, показують лише осьовими лініями і т. ін.). На кресленні не зображують дрібні конструктивні елементи деталей приводу.

Креслення загального вигляду повинні нести таку інформацію:

- зображення виробу;
- розміри габаритні (довжина, висота, ширина), приєднувальні розміри опорних поверхонь, діаметри та координати отворів для кріплення рами та ін., монтажні зазори (наприклад між фланцями муфт тощо), складальних одиниць, ділильні діаметри зірочок або зубчастих коліс відкритих передач, посадкові розміри деталей передач приводу та ін.;
- технічні вимоги до монтажу виробу (допустимі радіальні навантаження, зміщення та перекося валів іт. ін.);
- технічну характеристику приводу (навантаження, частота обертання, потужність, загальне передаточне число, параметри електродвигуна та ін.);
- номери позицій складальних одиниць та деталей приводу згідно з специфікацією.

На кресленні загального вигляду виробу треба також показати місця кріплення кожухів, що згідно з вимогами техніки безпеки прикривають всі деталі або складальні одиниці обертового руху (муфта, пасова та ланцюгова передача, відкрита зубчаста передача) (Додаток Є).

### **5.14. Специфікації**

Специфікація – документ, що включає в себе перелік усіх складових частин, які входять до даного виробу, а також конструкторські документи, які належать до цього виробу. В даному проєкті це – креслення складальної одиниці та креслення загального вигляду приводу (Додаток Є). Специфікацію складають на окремих аркушах на кожен складальну одиницю, комплекс і комплект відповідно.

Перелік розділів специфікації до складального креслення редуктора:

- деталі (корпус, кришка, вал, зубчасте колесо та ін.);
- стандартні вироби (підшипники, кріпильні вироби тощо);
- інші вироби (прокладки, ущільнення, масло покажчики, душники, пробка та ін.);
- матеріали (мастило).

Перелік розділів специфікації загального вигляду приводу:

- документація (загальні вигляди, схеми, пояснювальна записка);
- складальні одиниці (редуктор, муфта, рама тощо);
- деталі (зірочки, шків та ін.);
- стандартні вироби (болти, шайби та ін.);
- інші вироби (двигун, ланцюг, пас та ін.)
- матеріали.

У кінці кожного розділу специфікації рекомендується залишати два - три вільні рядки на випадок можливих змін у конструкції виробу.

## **6. Вимоги щодо оформлення пояснювальної записки**

Оформлення текстових документів технічного проєкту має відповідати вимогам з урахуванням можливих відхилень від них, пов'язаних зі специфікою проєктування в умовах навчального процесу.

Виконання пояснювальної записки – важливий етап оформлення конструкторської документації, у процесі якого студенти набувають навичок чіткого, лаконічного та аргументованого викладання в належній послідовності кінематичного та силового розрахунків приводу, розрахунків на міцність, визначення розмірів деталей передач, валів, з'єднань, а також виробу конструктивних рішень вузлів, типів і типорозмірів опор, муфт і. т. ін., оцінки технологічності деталей щодо їх виготовлення, вузлів щодо їх складання тощо.

Пояснювальна записка – це технічний документ, що вимагає в себе опис розроблюваного виробу, обґрунтування конструктивних рішень, розрахунки на міцність, жорсткість та інші критерії працездатності вузлів та деталей, перевірочні розрахунки на міцність елементів стандартних виробів (муфти, підшипники, шпонкові з'єднання та ін.) вибір способів змащення передач та опор, мастильних матеріалів тощо.

Пояснювальна записка повинна містити титульну сторінку, зміст із зазначенням розташування розділів в тексті, технічне завдання на проєктування, вступ, основний текст і список використаної літератури.

Титульна сторінка виконується стандартним шрифтом за зразком, наведеним (додаток Б). Вона є першою сторінкою пояснювальної записки.

У змісті подають назви всіх розділів, підрозділів та пунктів пояснювальної записки, вказуючи номери сторінок (стор. 1 - титульна сторінка, не проставляється), на яких вони розміщені.

Технічне завдання на проєктування вміщує вихідні дані, завдання та обсяг виконуваної роботи. Його розташовують після змісту.

Вступ містить відомості про призначення та можливу галузь застосування розроблюваного приводу, конструктивні його особливості, мету та завдання проектування.

Основний текст пояснювальної записки має розкривати конкретний зміст роботи та відображати одержані результати. У тексті наводять: всі обґрунтування та розрахунки, що підтверджують працездатність виробу; викладають метод визначення навантажень, наводять основні допущення, прийняті в розрахунках; аргументують вибір коефіцієнтів запасу міцності, допустимих напружень тощо.

Наближений перелік питань, які слід розкривати в пояснювальній записці курсового проекту з деталей машин та рекомендована послідовність їх викладення наведені в додатку В).

Висновки мають складатися з оцінки результатів курсового проектування з погляду їх відповідності вимогам технічного завдання на проектування. Вони не повинні носити конотаційний характер («розраховано», «вибрано» і т.п.) інформація кожного пункту висновків повинна бути аналітично - оціночною, що спонукало б до подальших дій щодо вдосконалення приводу.

Список використаної літератури має містити всі використані джерела. Всі дані, прийняті з підручників, навчальних посібників, довідників тощо повинні бути підтвердженими посиланнями на відповідне джерело.

### ***6.1. Титульна сторінка пояснювальної записки***

Структура-титульної сторінки:

- повна назва міністерства;
- повна назва вищого навчального закладу;
- назва кафедри, де виконується проєкт;
- назва документа;
- тема проєкту (відповідно до технічного завдання);
- курс, група, прізвище та ініціали студента;
- прізвище та ініціали керівника проєкту;
- дата підписання документа;
- місто та рік виконання проєкту.

Приклад оформлення титульної сторінки подано в додатку Б.

### ***6.2. Оформлення пояснювальної записки***

Пояснювальну записку оформляють відповідно до вимог державних стандартів до текстових документів з одної сторони стандартного аркуша паперу формату А4 (210×297). У відповідних графах форми основних написів (рисунки 4, 5) послідовно вказують:

- (1) - назву виробу;
- (2) - позначення документа;
- (3) - позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на кресленнях деталей);

- (4) - літеру, присвоєну документу (в навчальних проектах літера «Н»);
- (7) - порядковий номер аркуша;
- (8) - загальне число аркушів (вказується на першому аркуші);
- (9) - коротка назва організації, яка випустила документ (аббревіатура ПДА У), індекс академічної групи.

Текст записки може бути друкований або написаним від руки синім, фіолетовим чи чорним чорнилами. Закреслення чи виправлення не допускаються.

Відстань від рамки до тексту на початку рядка має бути не менше 5мм, а у кінці - не менше 3 мм. Відстань до рамки зверху та знизу має бути 10-15мм.

Приклади оформлення основного напису наведено в (додатку 3, 4).

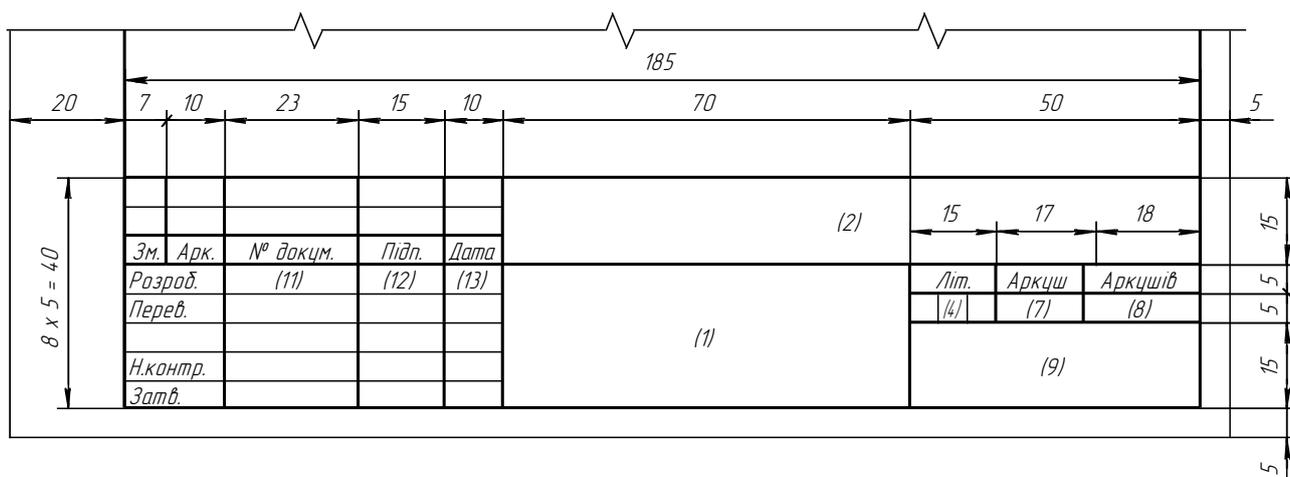


Рисунок 4 – Основний напис першого аркуша текстового документу

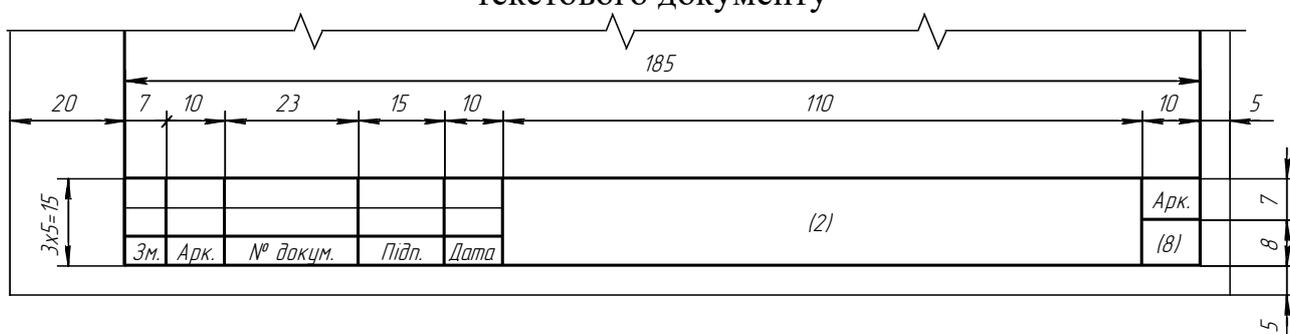


Рисунок 5 – Основний напис наступних аркушів текстового документу

Текст записки викладається від третьої особи множини або в безособовій формі. Термінологія та визначення, використані в записці, мають бути однозначними та відповідати встановленим стандартам, а за їх відсутності – загальноприйнятим для науково-технічної літератури.

Скорочення слів у тексті, на рисунках та в таблицях за винятком загальноприйнятих в науково-технічній літературі це допускається.

Нумерація таблиць та рисунків в записці має бути наскрізною, нумерація сторінок пояснюваної записки також наскрізна з урахуванням ілюстрацій і таблиць. На титульній сторінці номер не ставлять, але в загальну нумерацію він входить.

### 6.3. Оформлення розрахунків

Виконуючи розрахунки, слід пояснювати, на основі якого критерію працездатності прийнято рішення, вибрані відповідні величини. Пояснення до розрахунків мають бути лаконічними, але вичерпними.

Умовні літерні та графічні позначення всіх величин у виконанні відповідних розрахункових схем повинні відповідати встановленим стандартам, а у формулах – встановленим стандартом або рекомендаціям, що міститься у технічній літературі.

Всі розрахунки оформляються за визначеним планом. Заголовок відповідного розділу (підрозділу) повинен містити в собі коротку, але достатню інформацію про об'єкт і характер розрахунку (наприклад «розрахунок вала на статичну міцність» і т.п.). розрахунком передує обґрунтована, грамотно і конкретно складена розрахункова схема вузла (деталі) із зазначенням всіх навантажень (сил та моментів). Всі розрахунки пояснюються текстом та ілюстраціями (ескіз деталі з зазначеними розмірами, які визначаються; фрагменти вузла в ескізованому виконанні тощо). Зокрема, в розділі «Розрахунок валів та опор» слід спочатку навести загальну просторову схему навантаження валів приводу, а згодом послідовно давати розрахункові схеми кожного з валів (статично визначується двоопорна балка, епюри дії на вал згинальних та крутного моментів із наведенням їх значень в характерних точках).

Всі потрібні для розрахунків формули мають бути представлені спочатку в загальному вигляді в інтерпретації відповідного літературного джерела з прийнятими в останньому розмірностями величин (літерне позначення) з посиланням на джерело. У разі використання класичних, добре відомих формул посилання на джерело необов'язкове. Формули розміщують по середині рядка.

Розшифрування (експлікація) літерних позначень (символів), що входять до формули, має бути наведена безпосередньо після формули із зазначенням розмірностей величин. Значення кожного параметра дають з нового рядка у послідовності, наведеній у формулі. Перший рядок експлікації починається словом «де» без двокрапки після нього. В кожному рядку розшифрування розмірність вказується після коми, що йде за текстовим поясненням, а закінчується кожний рядок (окрім останнього) крапкою з комою. Символи, що повторно наводяться у формулах, не розшифровуються.

Формули нумерують послідовно арабськими цифрами, номер ставиться праворуч від формули на рівні її рядка в круглих дужках, наприклад:

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1}, \quad (1)$$

де  $F_t$  – колове зусилля в зачепленні, Н;

$T_1$  – крутний момент на валу шестерні. Н·м;

$d_1$  – дільний діаметр шестерні, м;

Допускається нумерація формул в межах розділу із зазначенням номера розділу та через крапку номеру формули, наприклад, (1.2).

У формули підставляють числові значення параметрів у відповідних одиницях величин, але без їх зазначення, після чого - остаточний результат із зазначенням одиниці вимірювання отриманої величини. Проміжні обчислення, скорочення цифр тощо при цьому не допускаються. Кількість підставлених у формулу цифр має суворо відповідати кількості символів у формулі загального виду.

У разі виконання однотипних за методикою розрахунків у записі наводять розрахунок з формулами та докладними поясненнями тільки в першому випадку, для решти ідентичних розрахунків пояснення опускаються і додаються тільки вихідні дані, розрахункові схеми, вибір коефіцієнтів тощо. Якщо таких розрахунків кілька – остаточні розрахунки зводять в таблицю (наприклад кінематичний і силовий розрахунки приводу – швидкість, потужність і крутний момент на кожному з валів).

Висновки роблять за кожним розрахунком, в окремих випадках-загальний висновок (в разі наявності кількох однотипних розрахунків або розрахунків за кількома варіантами тощо).

#### **6.4. Оформлення ілюстрацій та таблиць**

Ілюстрації в записі (ескізи, схеми, графіки, епюри) можна виконувати як за допомогою ПК, так і від руки в довільному масштабі, забезпечуючи чітке уявлення про вузол (деталь) тощо. Всі розміщені в записі ілюстрації, якщо їх більше однієї, підлягають наскрізній нумерації, наприклад, «Рисунок – 2 – Ескіз двигуна». Допускається нумерація рисунків в межах розділу із зазначенням номера розділу та через крапку номера рисунка, наприклад, «Рисунок – 1.2 ...».

Всі ілюстрації в записі повинні мати під рисункові підписи а в разі потреби – розшифрування позицій, тощо. Ілюстрації слід розміщувати по можливості безпосередньо за текстом, із посиланням на них.

У вигляді таблиць, як правило, оформляють цифровий матеріал. Якщо таблиць в записі більше однієї, вони підлягають наскрізній нумерації. Над таблицею симетрично посередині розміщують напис із заголовком таблиці, що пояснює її суть, наприклад, «Таблиця 1 – Результати кінематичного розрахунку». Допускається нумерація таблиць в межах розділу із зазначенням номера розділу та через крапку номера таблиці, наприклад, «Таблиця 1.1 ...».

Розміщують таблиці безпосередньо за текстом з посиланням на них. Посилання подають скорочено, наприклад: «у табл. 3» або у разі повторного нагадування «див. табл. 3».

#### **6.5. Оформлення списку використаної літератури**

Всі дані прийняті з підручників, навчальних посібників, методичних вказівок, монографій, довідників, періодичних видань, нормативних документів, тощо мають бути підтверджені посиланнями на відповідні джерела. Перелік використаних літературних джерел під заголовком «Список використаної літератури» розміщується в кінці записки (остання сторінка). У

список слід включати всі використані джерела, розташовуючи їх за абеткою або за порядком згадування.

Відомості про джерела, відповідно до ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Основні вимоги щодо складання списку використаної літератури:

1. Після прізвища ставиться кома та пробіл, а також пробіл між складовими ініціалів: Мельник, В. М.
2. Усі елементи в опису пишуться зі рядкової літери крім перших слів кожної області та заголовків у всіх описах.
3. Після заголовку вид матеріалу пишуть у квадратних дужках без пропусків і без скорочення: [Текст] или [Text], [Електронний ресурс].
4. У квадратних дужках пишуть усе, що запозичено з інших джерел або за даними аналізу матеріалу.
5. Прізвище першого автора при опису одного автора повторюють в області відповідальності (за косою рисою), а при опису двох і трьох авторів прізвище першого автора пишуть перед заголовком та після косої риски пишуть усіх авторів.
6. При наявності більше трьох авторів в області відповідальності (за косою рисою) пишуть лише першого автора (за бажанням можна писати всіх авторів) та ін.: [та ін.].
7. У дисертації та авторефераті в області відповідальності пишуть повністю прізвище, ім'я та по-батькові.
8. У патентних документах в області відповідальності на відміну від інших документів пишуть спочатку прізвище, а потім ініціали.
9. Знаки ; та : розділяють пробілами з обох боків.
10. Реєстраційний номер книги (ISBN) пишуть, якщо він є.
11. Відсутні пробіли в нумерації сторінок : 8–10.
12. У кінці опису ставиться крапка.

Кожне літературне джерело вноситься в список мовою видання. Список оформляється з використанням загальноприйнятих скорочень.

## **7. Загальні вимоги щодо оформлення курсового проєкту**

Зброшуровану розрахунково-пояснювальну записку із додатками (специфікаціями та компоновальними схемами) та аркуші креслень складають для зберігання у папці що повинна мати титульну сторінку курсового проєкту.

Титульну сторінку папки курсового проєкту виконують відповідно Додатку А. Дана форма призначена для оформлення курсового проєкту і фіксування результатів його захисту.

Аркуші креслень всіх форматів слід складати спочатку уздовж ліній перпендикулярних (поздовжніх), а потім уздовж ліній паралельних (поперечних) до основного напису. Аркуші креслень після складання повинні мати основний напис на лицьовій стороні складеного аркуша.

## 8. Захист та оцінювання курсового проєкту

Виконаний і зареєстрований на кафедрі курсовий проєкт (відповідно до розкладу захисту) подається комісії, що призначається кафедрою і складається викладачів кафедри, в тому числі й керівника проєкту.

Підставою до захисту курсового проєкту є розроблені креслення та оформлена розрахунково-пояснювальна записка, а також заповнений керівником лист оцінювання (Додаток \_\_).

Процедура захисту складається з доповіді автора проєкту (до десяти хвилин), запитань з боку комісії по суті роботи і відповідей студента на них.

У доповіді потрібно викласти: загальну характеристику приводу; відомості про основні розрахунки; дані про принципові конструктивні рішення; порядок складання та розбирання виробу.

Оцінювання виконання курсового проєкту здійснюється за 100-бальною системою із подальшим переведенням до національної системи оцінок та шкали ECTS. Загальна кількість умовних балів складається із суми балів, відповідно до листа оцінювання (Додаток \_), та балів, що нараховуються комісією при захисті проєкту (таблиця 1).

Таблиця 1 – Розподіл балів за виконання курсового проєкту

<b>Критерії оцінювання курсового проєкту</b>	<b>Кількість балів</b>
Відповідність змісту курсового проєкту вимогам	5
Обґрунтування основних інженерних, технологічних рішень, відповідність прийнятих рішень виданому завданню	10
Дотримання під час виконання розрахунків, проєктування та конструювання вимог державних норм	10
Забезпечення ефективності та раціональності прийнятих рішень та відповідність отриманих результатів	10
Використання сучасних комп'ютерних технологій	10
Уміння працювати з нормативними та довідковими документами, наявність посилань на використані джерела	5
Оформлення пояснювальної записки, графічних матеріалів згідно з вимогами конструкторської та технологічної документації, ДСТУ	9
<b>Разом за виконання</b>	<b>59</b>
Захист проєкту:	
- доповідь студента	11
- відповідь на питання щодо загального вигляду приводу	10
- відповідь на питання щодо складальної одиниці	10
- відповідь на питання щодо деталей	10
<b>Загальна оцінка</b>	<b>100</b>

У разі виникнення комісією рішення про незадовільну оцінку (59 і менше балів) повторний захист проєкту не допускається. У такому випадку з дозволу

деканату студент отримує нове завдання на проєкт або додаткове завдання до нього, що встановлюється кафедрою.

## **9. Критерії оцінювання курсових проєктів**

У оцінці виконання курсового проєкту з деталей машин враховується наступне:

- якість оформлення записки, виконання креслень та їх відповідність до вимог;
- повнота обґрунтування прийнятих рішень;
- розуміння студентом будови конструкції, окремих вузлів, їх призначення, принципу роботи;
- ерудиція студента стосовно опрацьованої з даної теми літератури, вміння оперативно користуватись довідковою літературою;
- вміння презентувати виконану роботу;
- точні та вичерпні відповіді автора під час захисту проєкту.

## **10. Орієнтовний перелік запитань для захисту курсового проєкту**

Запитання під час захисту курсового проєкту можуть стосуватися як розрахунково-пояснювальної записки, так і графічної частини. Щодо записки – це запитання про принципи і обґрунтування виконаних розрахунків, вибір матеріалів деталей та ін. Запитання, отже можуть різнитися залежно від виду технічного завдання, теми проєкту. Щодо графічної частини проєкту, то існують групи запитань стосовно того чи іншого креслення, які можна назвати типовими.

### ***Загальний вигляд виробу***

1. Особливості схеми приводу, призначення його складових частин.
2. Як підібрати електродвигун?
3. Що таке розрахункова потужність електродвигуна?
4. Назвати елементи приводу, з якими пов'язані витрати потужності. Які це витрати? Як вони враховуються?
5. За яким принципом конструювалась рама приводу?
6. Як підібрати фундаментні болти?
7. Які будова, принцип роботи та обґрунтування виробу муфти в даному приводі?
8. Пояснити застосований в приводі тип ланцюга, паса.
9. Засоби техніки безпеки, враховані проєктом.
10. Розшифрувати записи основного напису на кресленні.
11. Чому в приводах пасова передача розташовується перед редуктором, а ланцюгова – після нього.

### ***Загальний вигляд складальної одиниці***

1. Для чого і як складається специфікація?

2. Які критерії проєктних та перевірочних розрахунків передач даного приводу?
3. Обґрунтувати вибір матеріалів зубчастих коліс, черв'ячної пари.
4. Як регулюється зачеплення конічних зубчастих коліс, черв'ячне зачеплення?
5. Назвіть типи черв'яків і поясніть, який з них застосований у цьому проєкті.
6. Які критерії підбору підшипників кочення?
7. Обґрунтуйте вибір типу та серії підшипників, застосованих в цьому проєкті?
8. Що таке «плаваючий вал»? Чому і де він застосовується?
9. Обґрунтуйте схему опор даного черв'ячного валу. Які ще бувають схеми?
10. Поясніть потребу і способи регулювання радіально-упорних підшипників.
11. Які існують види кришок підшипників? Обґрунтуйте вибір даного типу кришок.
12. Які існують види ущільнень на вихідних кінцях валів редуктора? Обґрунтуйте вибір даних ущільнень.
13. Для чого служить душник?
14. Призначення, види масло покажчиків, обґрунтувати вибір даного.
15. Максимальний та мінімальний рівень мастила в картері. Як їх визначають?
16. Призначення рим болтів. Як їх перевірити на міцність?
17. Якщо в опорах валу є стакан – поясніть його призначення.
18. Як деталі передач закріплені в осьовому напрямку?
19. Яке призначення люка? Назвіть вимоги до нього.
20. Критерії працездатності валів. Які види розрахунків валу і чому застосовані в цьому проєкті?
21. Поясніть принципи призначення посадок деталей передач на валах, підшипників – на валах та в отворах.
22. Порядок розбирання й збирання даного вузла редуктора.
23. Системи змащення передач та опор у редукторі. Обґрунтуйте застосовану в проєкті.
24. Як визначити кількість рідкого мастила в картері редуктора взагалі і як вона визначена в проєкті?
25. Яке призначення штифтів? Принципи їх розміщення.
26. Як забезпечується ущільнення між поверхнями фланців кришки редуктора і його корпусу? Призначення віджимних гвинтів.
27. Призначення пробки біля днища редуктора. Які вимоги до неї?
28. Принцип розміщення масло покажчика, пробки.

### ***Робочі креслення типових деталей***

1. Основні правила розміщення основного вигляду деталі на робочому кресленні.
2. Які спрощення у зображеннях деталей допускаються?
3. Обґрунтуйте розстановку розмірів на даному робочому кресленні.

4. Що таке «вільний розмір»? Покажіть його.
5. Що таке «розмір для довідок»? Покажіть його.
6. Які види відхилень форми та взаємного розташування поверхонь вказуються на валах, зубчастих колесах, стаканах, кришках підшипників? Проілюструйте прикладом.
7. Допустимі відхилення розмірів. Проілюструйте прикладом.
8. Вимоги до розміщення і змісту таблички з характеристикою зачеплення.
9. Клас чистоти оброблюваних поверхонь. Як він вибирається і позначається?
10. Як скористатися характеристикою зачеплення для контролю деталі? Проілюструйте прикладом.
11. Який знак, що характеризує шорсткість поверхонь деталі, ставиться в правому верхньому куті аркуша?
12. Що означає напис «забезпечується інструментом»? Де він використовується? Наведіть приклад.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Мелашенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів: Навчальний посібник. Львів: «Новий світ-2000», 2018. 264 с.
2. Гайдамака В.І. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
3. Мелашенко В.О., Стрілець В.М., Стрілець О.Р., Новіцький Я.М. Практикум із дисципліни «Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання». Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2018. 227 с.
4. Коновалюк Д.М., Коновалюк Р.М. Деталі машин: Підручник Друге видання. Київ: Кондор, 2004. 584 с.
5. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. Київ: Вища школа, 1993. 555 с.
6. Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти. Харків: НТМТ, 2020. 258 с.
7. Попов С.В., Бучинський М.Я., Гнітько С.М., Чернявський А.М. Теорія механізмів технологічних машин: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. 268 с.
8. Козуб Ю.Г. Деталі машин: Підручник. Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2018. 294 с.
9. Карнаух С.Г., Таровик М.Г. Деталі машин, теорія механізмів і основи взаємозамінності. Машинні вали (осі) та їхні опори: навчальний посібник. Краматорськ: ДДМА, 2020. 100 с.
10. Mott R.L., Vavrek E.M. Wang J. Machine Elements in Mechanical Design. New York: Pearson, 2018. 873 p.

Приклад титульної сторінки для папки курсового проєкту

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Полтавський державний аграрний університет*

*Кафедра механічної та електричної інженерії*

*Курсовий проєкт*

*з навчальної дисципліни  
"Деталі машин"*

*на тему: " \_\_\_\_\_ "*

*Розробив здобувач вищої освіти  
ступеня бакалавр*

*курс \_\_\_\_\_, група \_\_\_\_\_*

*\_\_\_\_\_ форми навчання*

*Керівник \_\_\_\_\_*

*Полтава 20\_\_*

Приклад титульної сторінки пояснювальної записки

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Полтавський державний аграрний університет*

*Кафедра механічної та електричної інженерії*

***ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА***

*до курсового проєкту  
з навчальної дисципліни "Деталі машин"*

*на тему: " \_\_\_\_\_ "*

*Виконав здобувач вищої освіти  
ступеня бакалавр*

*курс \_\_\_\_\_, група \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ форми навчання*

*Перевірив \_\_\_\_\_*

*Полтава 20\_\_*

## Приклад змісту пояснювальної записки

**ЗМІСТ**

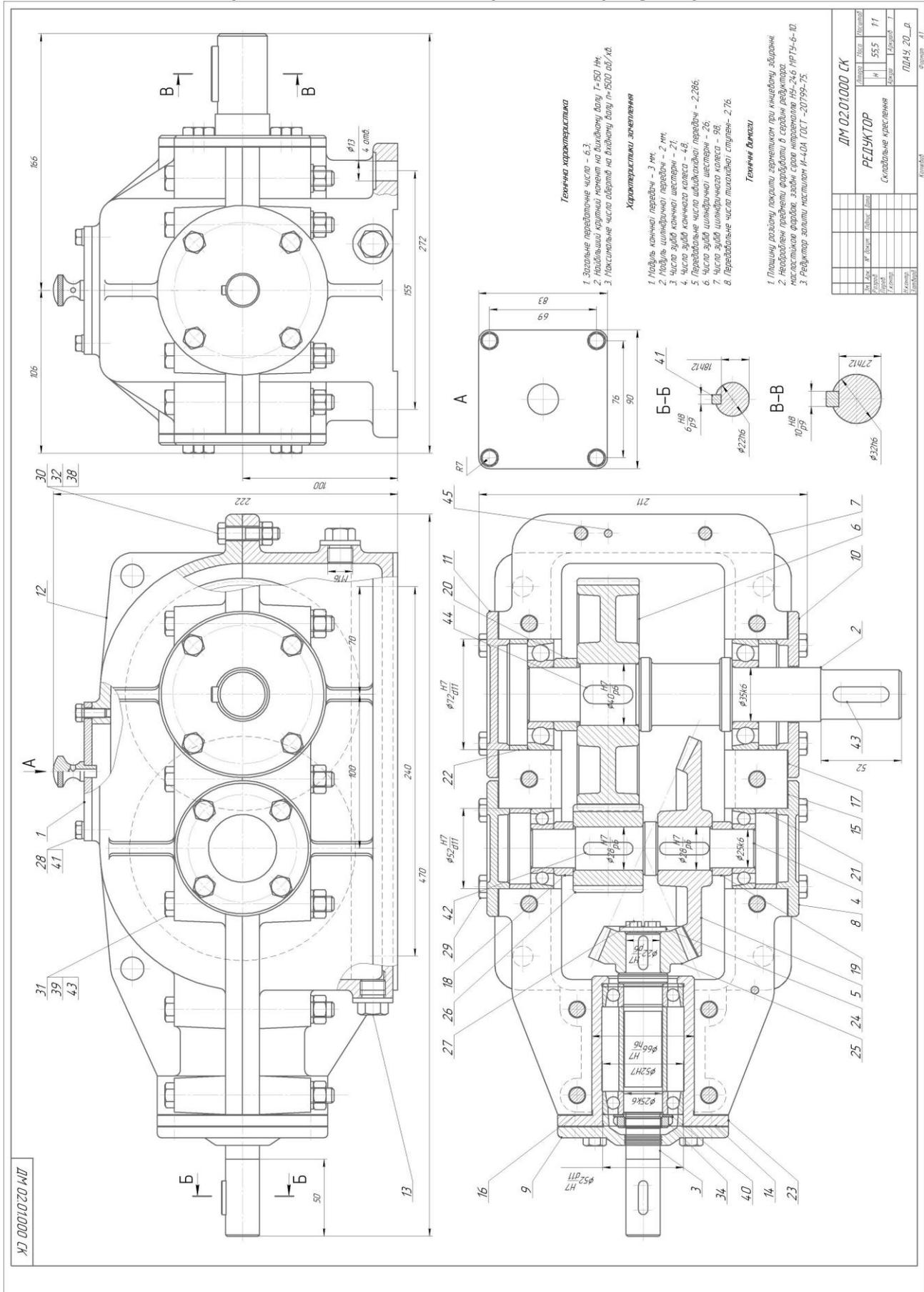
<i>ВСТУП</i>	4
<i>1. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДА</i>	
<i>1.1. Підбір електродвигуна</i>	5
<i>1.2. Визначення передаточних чисел</i>	6
<i>1.3. Визначення потужності, частоти обертання і крутних моментів кожного вала привода</i>	7
<i>2. РОЗРАХУНОК ПЕРЕДАЧ ПРИВОДА</i>	
<i>2.1. Швидкохідна конічна передача</i>	10
<i>2.2. Тихохідна циліндрична косозуба передача</i>	16
<i>2.3. Ланцюгова передача</i>	23
<i>3. ЕСКІЗНА КОМПОЗИЦІЯ РЕДУКТОРА</i>	28
<i>4. РОЗРАХУНОК ВАЛА РЕДУКТОРА</i>	30
<i>5. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ</i>	46
<i>6. РОЗРАХУНОК З'ЄДНАНЬ</i>	45
<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	49
<i>ДОДАТКИ</i>	50

					<i>ДМ.02.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разроб.</i>						<i>н</i>	<i>3</i>	<i>56</i>
<i>Перев.</i>						<i>ПДАУ, 20__ р.</i>		
<i>Н.контр.</i>								
<i>Затв.</i>								





Приклад складального креслення редуктора



## ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет \_\_\_\_\_ Форма навчання \_\_\_\_\_  
 Спеціальність \_\_\_\_\_ Курс \_\_\_\_\_, група \_\_\_\_\_

### ЛИСТ ОЦІНЮВАННЯ курсового проєкту з дисципліни «Деталі машин»

здобувача вищої освіти \_\_\_\_\_  
 на тему \_\_\_\_\_

Обсяг курсового проєкту \_\_\_\_\_ Кількість використаних джерел \_\_\_\_\_

#### Результати оцінювання

№ п/п	Критерії оцінювання курсового проєкту	Максимальна кількість балів	Отримані бали
1	Відповідність змісту курсового проєкту вимогам навчально-методичних рекомендацій щодо його виконання;	5	
2	Обґрунтування основних інженерних, технологічних рішень, відповідність прийнятих рішень виданому завданню на проєктування;	10	
3	Дотримання під час виконання розрахунків, проєктування та конструювання вимог державних норм;	10	
4	Забезпечення ефективності та раціональності прийнятих рішень та відповідність отриманих результатів сучасній практиці;	10	
5	Використання сучасних комп'ютерних технологій;	10	
6	Уміння працювати з нормативними та довідковими документами, наявність посилань на використані джерела;	5	
7	Оформлення пояснювальної записки, графічних матеріалів згідно з вимогами конструкторської та технологічної документації, ДСТУ.	9	
<b>Загальна кількість балів за виконання курсового проєкту (до захисту)</b>		<b>59</b>	

Висновки (*підкреслити*):

- рекомендувати до захисту без доопрацювання;
- рекомендовано до захисту за умови доопрацювання: \_\_\_\_\_
- не рекомендовано до захисту, необхідно суттєво доопрацювати \_\_\_\_\_

Роботу перевірів: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗМІСТ

1. Загальні положення.....	3
2. Тематика курсових робіт .....	4
3. Принцип обрання теми курсового проєкту .....	6
4. Стадії розробки проєкту .....	6
4.1. Технічне завдання .....	7
4.2. Технічна пропозиція.....	7
4.3. Ескізний проєкт .....	7
4.4. Технічний проєкт .....	8
4.5. Позначення конструкторських документів.....	8
5. Рекомендації щодо виконання окремих етапів.....	9
5.1. Вступ .....	9
5.2. Кінематичний розрахунок приводу та вибір електродвигуна .....	9
5.3. Розрахунки передач приводу .....	9
5.4. Ескізна компоновка редуктора .....	10
5.5. Розрахунок валів.....	11
5.6. Розрахунок та вибір підшипників .....	13
5.7. Розрахунок шпонкових з'єднань .....	13
5.8. Вибір муфт.....	14
5.9. Тепловий розрахунок редуктора .....	14
5.10. Вибір системи змащування зачеплень передач та опор .....	14
5.11. Складальне креслення редуктора .....	15
5.12. Креслення деталей.....	17
5.13. Загальний вигляд виробу (привід машини) .....	18
5.14. Специфікації .....	18
6. Вимоги щодо оформлення пояснювальної записки .....	19
6.1. Титульна сторінка пояснювальної записки .....	20
6.2. Оформлення пояснювальної записки .....	20
6.3. Оформлення розрахунків .....	22
6.4. Оформлення ілюстрацій та таблиць .....	23
6.5. Оформлення списку використаної літератури.....	23
7. Загальні вимоги щодо оформлення курсового проєкту .....	24
8. Захист та оцінювання курсового проєкту .....	25
9. Критерії оцінювання курсових проєктів.....	26
10. Орієнтовний перелік запитань для захисту курсового проєкту .....	26
Додатки.....	30