

Міністерство освіти й науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

**ДЕТАЛІ МАШИН, ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ
І ОСНОВИ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ**

**Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів
при виконанні курсового проекту
по дисципліні «Деталі машин»**

для студентів технічних спеціальностей всіх форм навчання

Краматорськ
2020

УДК 621.824: 62–233.11: 62–233.2

Деталі машин, теорія механізмів і основи взаємозамінності. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів при виконанні курсового проекту по дисципліні «Деталі машин» / С. Г. Карнаух, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 97 с.

Наведено короткі відомості для самостійній роботі студентів при виконанні курсового проекту по дисципліні «Деталі машин». Для кожного етапу проектування наведена рекомендована література, основні теоретичні відомості, план проведення індивідуальних консультацій, представлений об'єм роботи для виконання наступного етапу проекту.

Укладачі:

С. Г. Карнаух, доц.;
М. Г. Таровик, асист.,

Відп. за випуск

С. Г. Карнаух, доц.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальні положення при розробці компонувальної схеми	7
2 Конструктивні форми деталей передач. Закріплення деталей на валу	16
3 Конструкції опор валів на підшипниках кочення	28
4 Перевірочний розрахунок валів	33
5 Перевірочний розрахунок підшипників кочення	36
6 Розробка фронтальної і профільної проєкцій передаточного механізму.....	40
7 Оформлення складальних одиниць	51
8 Загальний вид приводу	57
10 Складання специфікацій	76
11 Правила оформлення пояснювальної записки	83
12 Порядок захисту курсового проекту	93
13 Типові питання для підготовки до захисту курсового проекту з дисципліни «Деталі машин» або «Деталі машин і основи взаємозамінності»	95

ВСТУП

Даний посібник створювався як помічник студентам і викладачам, які проводять консультації по виконанню курсового проекту з дисципліни «Деталі машин, теорія механізмів і основи взаємозамінності».

Курсовий проект є завершальним етапом вивчення даних дисциплін і виконується після вивчення теоретичного курсу.

Зміст і обсяг курсового проекту практично ідентичні для всіх дисциплін, але тривалість виконання проекту різна для студентів звичайної й прискореної форми навчання.

Наведені в методичному посібнику план і регламент проведення заняття не є строго обов'язковими і можуть змінюватися, в міру потреби, відповідно до рівня підготовки аудиторії.

Викладач повинен заздалегідь підготувати до заняття методичний матеріал у достатній кількості, щоб під час загальної консультації можна було давати посилання на різну літературу.

У ході індивідуальної консультації викладач розглядає виконану роботу студента, робить зауваження по конструкції й видає завдання студенту, яке він повинен виконати до наступного заняття.

Студенти повинні приходити на заняття підготовленими, зі своєю методичною літературою, що дозволить більш плідно використовувати час, що відводиться на засвоєння навчального матеріалу.

Головне завдання консультанта – навчити студентів працювати з довідковою літературою, застосовувати на практиці отримані теоретичні знання при виконанні курсового проекту.

У посібнику представлений потижневий графік виконання курсового проекту. Цей графік може бути скоректований при зміні тривалості виконання курсового проекту (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Графік виконання курсового проекту

№ неділі	Зміст виконаної роботи	% виконан ня проекту
1	2	3
1 (1*)	1. Виправлення розрахунково-графічних робіт (РГР), виконаних у попередньому семестрі. 2. Проектувальний (спрощений) розрахунок валів. Попередній вибір підшипників. 3. Підбір й аналіз аналогу кінематичної схеми.	8

№ неділі	Зміст виконаної роботи	% виконан ня проекту
1	2	3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
2 (2*)	Виконання компоновочної схеми (проробка валів з колесами й підшипниками).	10
3-4 (3*)	Пророблено конструкцію валів і зубчастих коліс, установлених на валах (на міліметрівці в масштабі 1:1).	15
5-6 (4*)	1. На міліметрівці пророблена конструкція валів, коліс, опор. 2. Промальовані в тонких лініях деталі, установлені на вихідних кінцях валів (муфти, шківни, зірочки). 3. Виконано вибір і перевірочний розрахунок шпонок	20
7 (5*)	1. На міліметрівці виконаний розріз по валах для редуктора або «розгорнення» для коробки швидкостей (1-й лист курсового проекту). 2. Розраховано параметри елементів корпусу	25
8-9 (6*)	1. Виконано перевірочний розрахунок валів на витривалість. 2. Виконано перевірочний розрахунок підшипників. 3. У тонких лініях пророблена друга проекція редуктора або «згортка» для коробки швидкостей (2-й лист курсового проекту)	35
11 (7*)	1. Розрахунки валів на статичну міцність. 2. 1,2 листи виконано на міліметрівці повністю	40
12-13 (8*)	1, 2 листи виконано у будь-якому графічному редакторі	45
14 (9*)	1. 1,2 листи виконано у будь-якому графічному редакторі повністю із проставлянням розмірів і виносом позицій для специфікації. 2. Виконано перевірочні розрахунки валів, підшипників і шпонок	55
15 (10*)	Складено специфікацію на складальну одиницю.	65
16-17 (11*)	1. Почато оформлення чистового варіанта пояснювальної записки (ПЗ). 2. Пророблено загальний вид привода (3-й лист) у тонких лініях на міліметрівці.	75
18 (12*)	1. Виконано повністю загальний вид привода в трьох проекціях у будь-якому графічному редакторі.	90

	2. Проставлені на приводі необхідні розміри. 3. Винесено позиції для специфікації на привод.	
--	---	--

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
19 (13- 14*)	1. Повністю оформлене креслення загального виду привода із проставлянням розмірів, технічною характеристикою й вимогами монтажу (3-й лист) у будь-якому графічному редакторі. 2. Складено специфікацію на привод. 3. Оформлено й зшита пояснювальна записка.	95
20 (15*)	Захист курсового проекту.	100

* – позначення для студентів прискореної форми навчання

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ

Ціль: ознайомити студентів з рекомендаціями щодо конструювання валів, зубчастих коліс і розміщенню їх на валах.

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / К. П. Жуков [и др.]. – М. : Высшая школа, 1978. – 247 с.

6. Зразки курсових проектів.

7. Кафедральний альбом конструкторів.

8. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

9. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Переклик і розбивка на підгрупи	5 хв.
Вступна частина.....	20 хв.
Загальна консультація	25 хв.
Індивідуальна консультація	33 хв.
Завдання на наступне заняття	2 хв.

Вступна частина

Викладачі, які будуть вести курсове проектування, знайомляться зі студентами. Для груп з кількістю студентів більше 15 осіб група може бути розбитою на дві підгрупи, у кожній підгрупі свій консультант.

Потрібно рекомендувати студентам завести «щоденник» виконання курсового проекту. У цьому «щоденнику» студент фіксує рекомендації, які викладач дає на загальній консультації, посилання на наявну в нього літературу, проробляє конструкції й записує питання, що виникають у нього при виконанні проекту. Консультант в «щоденнику» може відзначати конкретне індивідуальне завдання студентові, з огляду на темпи виконання курсового проекту даним студентом.

Викладач знайомить студентів з порядком проведення консультацій по курсовому проектуванню, прийнятому на кафедрі. Консультації проводяться по підгрупах.

На кафедрі склалася наступна схема проведення консультацій:

1. Переклик: відзначаються присутні студенти й з'ясовуються причини, по яких відсутні окремі студенти;

2. Проводиться загальна консультація для всієї підгрупи, на якій викладач нагадує, що потрібно було зробити за час, який пройшов з минулої консультації й розповідає завдання для всіх студентів на наступну консультацію з урахуванням графіка виконання курсового проекту. Під час загальної консультації викладач повинен давати посилання на літературу й розбирати описувані конструкції. Студенти повинні активно працювати, записувати й проробляти варіанти конструктивних рішень в «щоденник».

3. Після загальної консультації проводиться індивідуальна консультація з кожним студентом. Під час індивідуальної консультації інші студенти повинні працювати над своїм проектом.

Консультантові, насамперед, треба довести до відома студентів, що планові консультації, тобто консультації, включені в розклад занять академії, є обов'язковими для відвідування студентами. Під час консультації студенти повинні працювати в аудиторії над своїм проектом. Відомості про

пропуски надаються до деканату. Додаткові консультації призначаються викладачем, що веде заняття в підгрупі, і не є обов'язковими для успішних студентів. Студентів, які відстають від графіка, консультант викликає на додаткові консультації. Консультант доводить до відома студентів графік роботи над проектом, для цього в кожному підгрупі (групі) необхідно видати екземпляр графіка (див. табл. 1.1).

Графік виконання проекту доцільно розглядати з одночасною демонстрацією конкретних прикладів курсового проекту. Це наочно покаже студентам необхідний обсяг майбутньої роботи й строки, що відводяться на цю роботу.

Консультант повинен познайомити студентів з літературою по курсовому проектуванню, підкреслити переваги й недоліки конкретних посібників. Всі підручники містять загальноприйняті рекомендації із проектування й тому, студентів бажано вибрати один або два підручники й користуватися ними. Особливо потрібно підкреслити, що студенти повинні на заняття приходити зі своїми книгами. Це дасть можливість консультантові давати посилання на той підручник, який є в конкретного студента, а не на всі відразу.

На першій консультації студенти повинні усунути всі зауваження, які були відмічені в їх розрахунково-графічних роботах у попередньому семестрі.

Основним об'єктом курсового проекту з дисципліни «Деталі машин» є передаточний механізм для передачі руху і навантаження з перетворенням параметрів обертання: частоти обертання і обертового моменту від електродвигуна до виконавчого органа машини. Це може бути редуктор або коробка швидкостей. Різновидов редукторів багато. Основні з них, які видаються у якості завдань на курсовий проект, представлено у табл. 1.2.


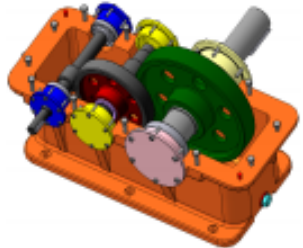
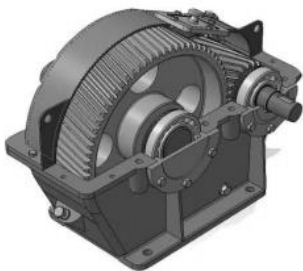
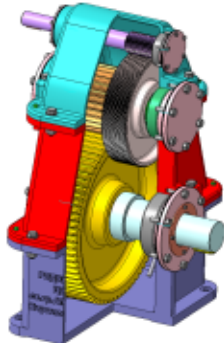
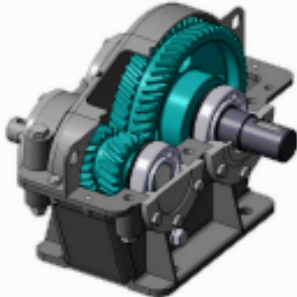
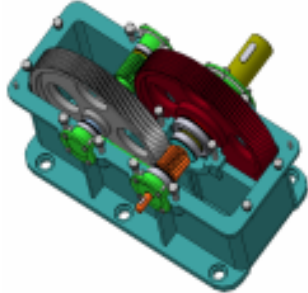

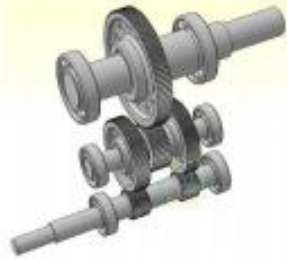
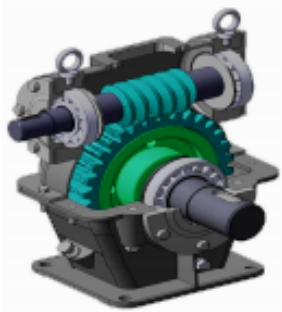
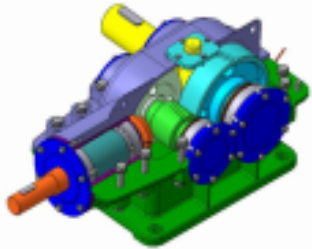

Основні теоретичні відомості

Необхідний теоретичний матеріал представлений в [2, с. 42–46; 3, с. 110–131; 4, с. 136–169].

Першим етапом при виконанні графічної частини проекту є конструкторське пророблення валів і деталей, установлених на валах. До них відносяться: зубчасті колеса, зірочки ланцюгових передач, шківні пасових передач, сполучні муфти. Ці деталі будуть впливати на осьові (лінійні) розміри вала, які потрібно визначити, щоб сконструювати й розрахувати вал.

Виконання компонування редуктора є обов'язковим етапом конструювання при курсовому проектуванні.

Таблиця 1.2 – Основні типи редукторів, які є об'єктом проектування

Одноступінчасті		Двоступінчасті	
Назва	Зображення	Назва	Зображення
Циліндричний прямозубий		Циліндричний горизонтальний	
Циліндричний косозубий		Циліндричний вертикальний	
Циліндричний шевронний		Циліндричний співвісний	
Конічний		Циліндричний з роздвоєною швидкісною ступінню	
Черв'ячний		Конічно-циліндричний	
		Черв'ячно-циліндричний	

Компонування редуктора виконується у два етапи: ескізна й робоча проробка.

Ескізне компонування дозволяє:

1. Визначити відносне розміщення деталей у редукторі, насамперед відстань між опорами валів і положення зубчастих коліс щодо опор, що є необхідним для подальших розрахунків валів і підшипників на міцність.

2. На підставі наближених розрахунків визначається конструктивна форма валів, корпуса й інших деталей без уточненого конструкторського пророблення.

3. Визначається спосіб змащення передач і підшипників.

Ескізне компонування виконується відповідно до вимог стандартів на міліметровому папері формату А1 олівцем у контурних лініях у масштабі 1:1. Ескізне компонування циліндричних і конічно-циліндричних редукторів може обмежитися однією проекцією. Для черв'ячних редукторів потрібно виконувати компонування у двох проекціях паралельно.

Викладач повинен на дошці проілюструвати послідовність виконання ескізного компонування, простіше всього на прикладі двоступінчастого редуктора. При цьому треба обов'язково відзначити, що для інших кінематичних схем послідовність компонування будуть така ж і приклади можна подивитися в літературі [2, с. 45–47; 3, с. 113–121; 4, с. 134–142].

Ескізне компонування редуктора рекомендується виконувати в такій послідовності [3, с. 113]:

1. Посередині аркуша формату А1 провести осьові лінії валів.

2. Промалювати зубчасті пари відповідно до геометричних параметрів, отриманими при проектних розрахунках передач зачепленням (рис. 1.1).

3. Провести контур внутрішньої стінки корпуса на відстані $a = 8 \dots 10 \text{ мм}$ від контуру коліс для забезпечення зазору між колесами, що обертаються, й стінкою.

Треба звернути увагу студентів на те, що контур корпуса редуктора залежить від його кінематичної схеми, від розмірів деталей передач і від ряду інших факторів.

4. На валах викреслити контури підшипників кочення, які були обрані в попередньому семестрі в РГР.

5. Прокреслити ступені вала на відповідних осях. Викладач повинен записати формули, по яких треба розрахувати діаметральні й лінійні розміри валів.

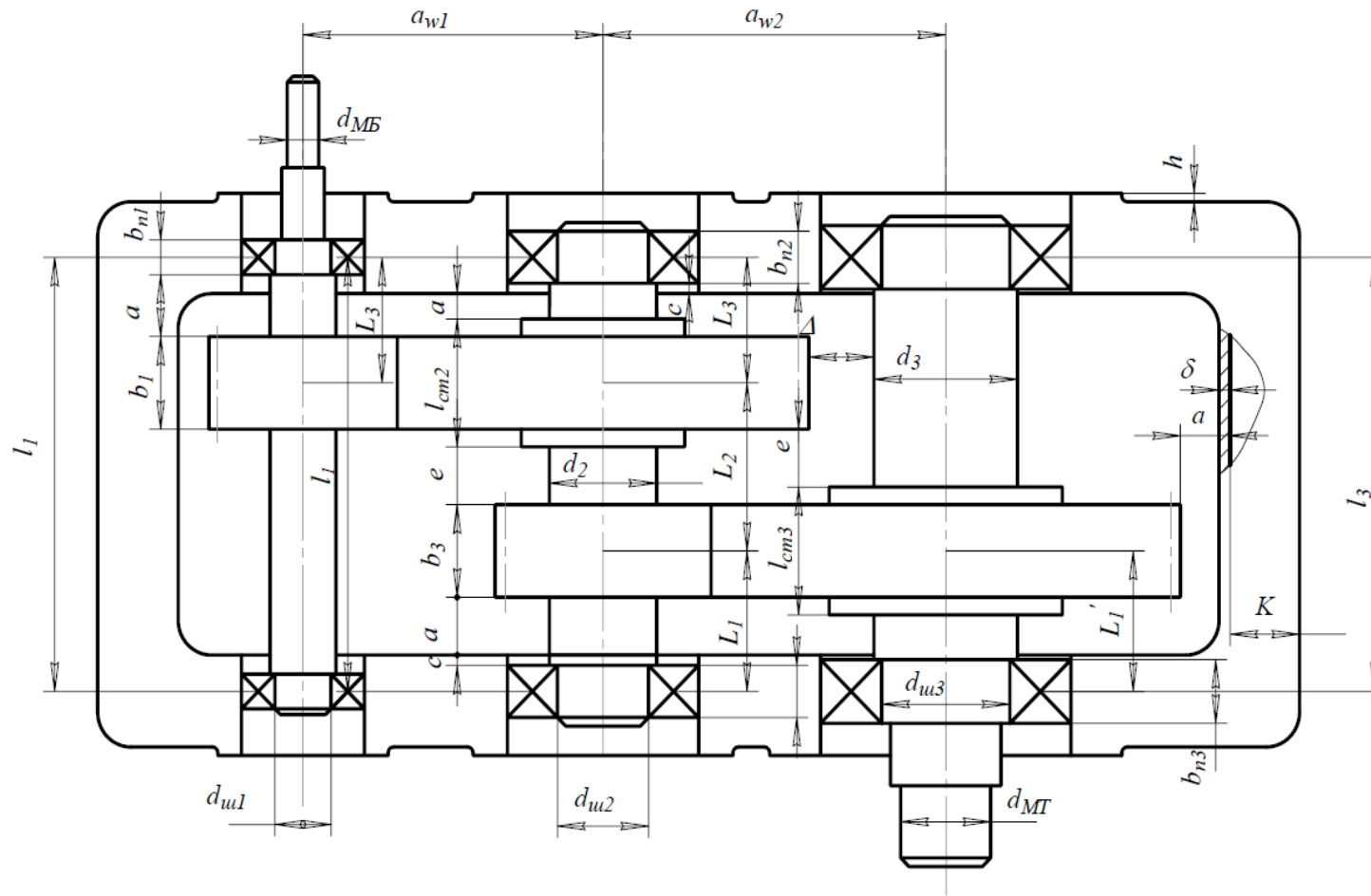


Рисунок 1.1 – Ескізне компонування двоступінчастого циліндричного редуктора

Робоче компонування виконується після пророблення конструктивної форми й визначення основних розмірів зубчастих коліс, валів і вузлів підшипників, які є опорами валів. Робоче компонування дозволяє остаточно визначити відносно розташування деталей редуктора. На основі компонування виконуються перевірочні розрахунки всіх деталей.

Визначення діаметрів посадкових поверхонь вала

Для зручності складання й забезпечення осьової фіксації деталей на валах, вали виконують ступінчастими (рис. 1.2).

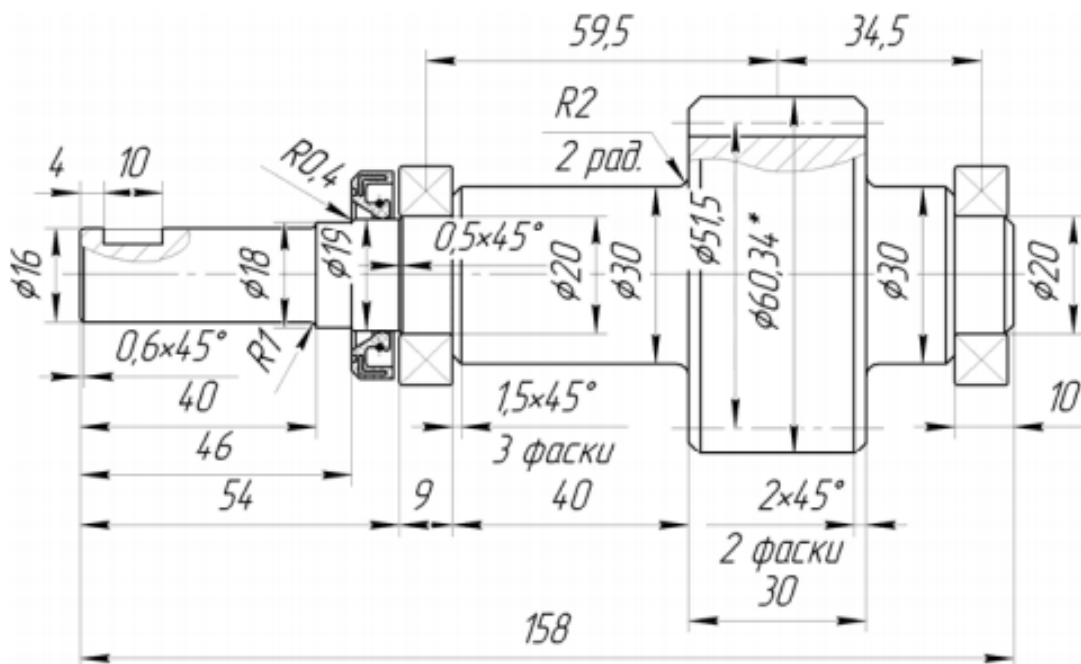


Рисунок 1.2 – Приклад вхідного валу редуктора

Оскільки на даному етапі проектування відстань між опорами невідома, орієнтовно мінімальний діаметр вала визначається з умови міцності при крученні для випадку занижених допустимих напружень

$$d \geq 130 \sqrt[3]{\frac{P}{n}},$$

де P – потужність на валу, кВт;

n – число обертів вала, хв^{-1} .

Якщо вхідний вал редуктора пов'язаний з валом електродвигуна муфтою, то для цього вала (з урахуванням результатів розрахунку) приймають $d_{MB} = (0,8...1,2)d_e$, де d_e – діаметр вала електродвигуна. При цьому d_{MB} необхідно погодити зі стандартними значеннями діаметрів отвору у півмуфті для обраної муфти. Якщо на вихідному кінці вала встановлена стандартна муфта, необхідно погодити діаметри посадкових поверхонь муфти й вала d_{MT} (див. рис. 1.1).

Діаметри шипів вала $d_{ш}$ (див. рис. 1.1) відповідають стандартизованим діаметрам внутрішніх кілець підшипників. У редукторах вали звичайно встановлюють на підшипниках кочення. Спочатку внутрішній діаметр підшипника вибирається по округленому (до нуля або п'яти) діаметру вала з додаванням $- d_{ш} \cong d + 5 \text{ мм}$.

Якщо на вихідному кінці вала встановлюється шків пасової передачі або зірочка ланцюгової передачі, то необхідно збільшити діаметр хвостовика вала на 15...20% з наступним коректуванням діаметрів шипа й вала під шестірнею й виконати остаточне конструювання вала (вала-шестірні).

При конструюванні валів треба дотримуватися виконання наступної умови (рис. 1.1)

$$d_M < d_{ш} < d_e < d_{св.},$$

де $d_{св}$ – діаметр ділянки вала, на якому встановлюється муфта;

$d_{св}$ – діаметр вільної ділянки вала, на якому не встановлюються деталі;

d_e – діаметр ділянки вала, на якому встановлюються зубчасті колеса.

Всі ці діаметри повинні округлятися до нормальних лінійних розмірів відповідно стандарту по ряду $R_a 40$ [1, табл. 7].

Визначення лінійних розмірів вала й елементів корпусу редуктора

Виконати компоновання редуктора неможливо без таких розмірів, як товщина стінки корпусу δ , зазори між окремими деталями Δ , розміри стандартних деталей.

Консультант, записуючи формули для розрахунку (табл. 1.3), повинен підкреслити, що формули дають приблизний розмір. У різних підручниках розрахункові залежності можуть відрізнятися один від одного, але це не впливає на результат компоновання.

Додаткові розміри, необхідні для виконання компоновання редукторів інших типів (див. табл. 1.2) можна подивитися в роботах [1, с. 37–47; 2, с. 42–47; 4, с. 134–168], де наведені кінематичні схеми й розрахункові формули для найбільше часто застосовуваних редукторів і коробок швидкостей.

Індивідуальна консультація

Індивідуальна консультація проводиться при участі всіх студентів підгрупи. Викладач розглядає завдання кожного студента, аналізується розрахункова частина, виконана в попередньому триместрі,

рекомендуються схеми, вказуються аналогічні конструкції, видається завдання на тиждень із записом в «щоденнику» студентів.

Таблиця 1.3 – Формули для розрахунку лінійних розмірів корпусу

№ з/п	Розмір, що розраховується	Розрахункова формула
1	Товщина стінки корпусу δ	$\delta \approx 0,025a_{wT} + (3...5) \geq 8\text{мм}$
2	Відстань від торця підшипника кочення до стінки корпусу редуктора – c : <ul style="list-style-type: none"> • при рідкому мастилі розбризкуванням; • при густому мастилі в підшипниках 	$c = 0,1\delta$ $c = (0,4...0,6)\delta$
3	Зазор між внутрішніми стінками корпусу й поверхнями деталей, що обертаються – a	$a = (1,0...1,2)\delta$
4	Мінімальний допустимий зазор між поверхнями деталей, що обертаються – Δ	$\Delta \geq 0,4\delta$
5	Зазор між торцевими поверхнями зубчастих, черв'ячних коліс – e	$e = (0,4...0,6)\delta$
6	Ширина фланця для кріплення кришки до корпусу редуктора – K	$K = (4...5)\delta$
7	Довжина хвостовика вала $l_{xв.}$: – установлена муфта – установлений шків або зірочка	$l_{xв.} \approx l_m$ $l_{xв.} \approx (1,2...1,8)d_{xв.}$
8	Довжина маточини колеса l_{cm}	$l_{cm} \approx (1,0...1,5)d_{\epsilon}$
де a_{wT} – міжосьова відстань тихохідної ступені, мм.		

У цей час інші студенти виконують розрахунки необхідні для компоновання редуктора й записують їх в «щоденнику».

Завдання на наступну консультацію

1. Зробити ксерокопію конструкції – аналога.
2. Виконати компоновочну проробку редуктора на міліметровій в масштабі 1 : 1.

Викладачу необхідно звернути увагу студентів на те, що всі студенти зобов'язані виконати спрощену компоновочну проробку на міліметровій незалежно від того, як буде виконуватися проект надалі.

Наприкінці занять консультанту бажано відзначити студентів, які плідно працювали на консультації й тих, які не працювали.

2 КОНСТРУКТИВНІ ФОРМИ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕДАЧ. ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЛУ

Ціль: ознайомити студентів з рекомендаціями з конструювання зубчастих коліс, шківів, зірочок і способами закріплення цих деталей на валах.

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2–е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7–е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2–е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3–е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / К. П. Жуков [и др.]. – М. : Высшая школа, 1978. – 247 с.

6. Зразки курсових проектів.

7. Кафедральний альбом конструкцій.

8. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

9. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Наочні приладдя

1. Плакати «Конструкції зубчастих коліс».

2. Плакат «Шків пасових передач».

3. Плакат «Зірочки ланцюгових передач».

4. Натурні зразки деталей.

Організаційна частина

Переклик..... 3 хв.

Групова консультація (теоретичний матеріал) 25 хв.

Індивідуальна консультація 55 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Основні теоретичні відомості по даній тематиці можна подивитися в підручниках по курсовому проектуванню, наприклад [2, с. 62–77, с. 285–289, с. 297].

Готова деталь повинна відповідати певним вимогам:

1. Обґрунтоване застосування кожного елемента деталі.
2. Облік вимог технології складання й розбирання (отвори для захватів, знімачів, оглядові вікна).
3. Відповідність конструктивних форм деталі умовам технології одержання заготовок і технології механічної обробки при заданій серійності виробництва.
4. Ощадлива витрата матеріалів.

Існують певні вимоги до заготовок залежно від способу їх виготовлення.

Основні вимоги до литих заготовок:

- однакова товщина стінок;
- при різних товщинах стінок поступовий перехід від однієї до іншої;
- відсутність місць скупчення металу;
- плавні закруглення.

Основні вимоги до поковок, виконаних методом вільного кування – простота конструктивних форм.

Основні вимоги до штамповок, виконаних у штампах:

- ухили в напрямку виїмки заготовки зі штампа;
- плавне закруглення кутів.

Основні вимоги до зварених заготовок:

- можливість виконання із прокату;
- забезпечення доступу при накладенні зварених швів і т.д.

Основні вимоги технології механічної обробки до конструкції деталей:

- створення зручних баз для установки й місць кріплення деталей у пристосуваннях або на столі верстата;
- забезпечення легкого доступу до оброблюваних поверхонь, як ріжучого, так і вимірювального інструмента;
- зменшення розмірів оброблюваних поверхонь;
- створення форм зручних для обробки.

Конструювання зубчастих, черв'ячних коліс і черв'яків

- співвідношення основних розмірів коліс.

Консультант повинен нагадати основні геометричні параметри зубчастого колеса (рис. 2.1), відзначити, що зубчасті колеса можуть виконуватися як самостійною деталлю, так і разом з валом у вигляді вала-шестірні (рис. 2.2). Це залежить від розмірів зубчастого колеса. На рис. 2.3 показані основні конструкції зубчастих циліндричних коліс.

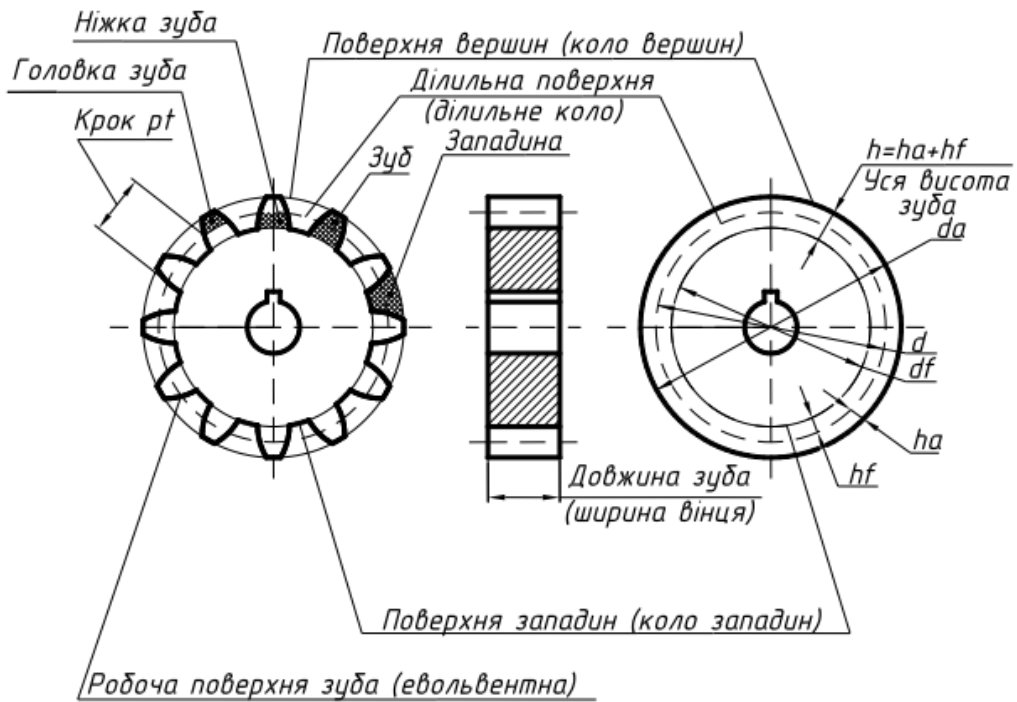


Рисунок 2.1 – Основні геометричні параметри зубчастого колеса

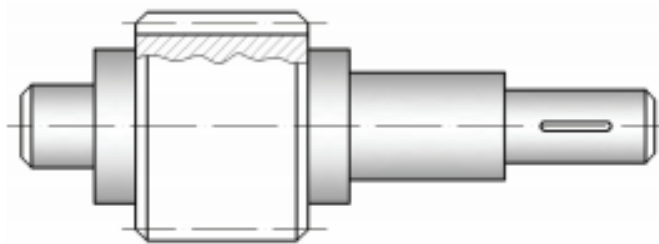


Рисунок 2.2 – Вал-шестірня

Зубчасті колеса $d \leq 200\text{мм}$ виготовляють із крупного прокату, кованих, штампованих заготовок. Зубчасті колеса $d \leq 600\text{мм}$ куванням, штампуванням. Великогабаритні колеса виготовляють литтям, зварюванням [2, с. 62–64].

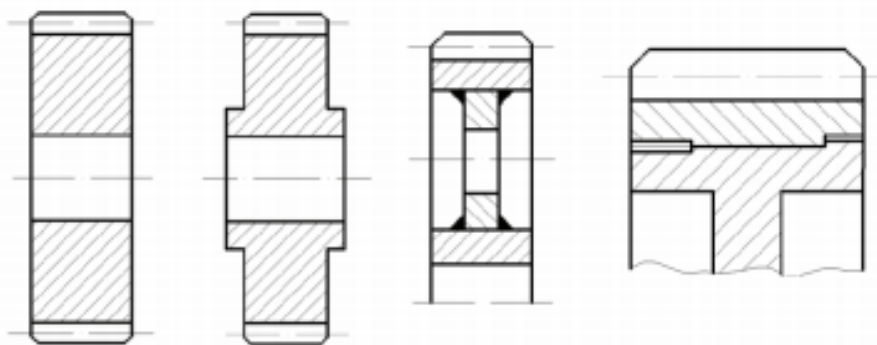


Рисунок 2.3 – Основні конструкції циліндричних зубчастих коліс
Основні розміри зубчастих коліс представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні розміри зубчастих коліс

Назва елемента	Розмір, мм	Ескіз
Діаметр маточини	$d_{cm} \geq 1,6d_a^*$	
Довжина маточини	$l_{cm} = (1,6 \dots 1,5)d_a^*$, але не менше ширини вінця B	
Товщина обода	$\delta_o = (2,5 \dots 4)m_n^{**}$	
Товщина диска	$c_o = (0,2 \dots 0,3)B$	
Діаметр отворів у диску	$d_o = \frac{d_a^{***} - d_{cm}}{5}$	
Діаметр кола центрів у диску	$D_o = 0,5(d_o + d_{cm})$	
Фаски на зовнішньому діаметрі вінця d_a , кут фаски 20°	$n = (0,5 \dots 0,7)m_n$ з округленням до стандартного значення	
* d_e – діаметр вала; ** m_n – модуль нормальний; *** d_a – діаметр кола виступів зубців.		

Викладач повинен звернути увагу студентів, що зубчасті й черв'ячні колеса складаються із 3-х елементів: обод, маточина, диск, розміри яких можна визначити за рекомендаціями [1, с. 9–11; 2, с. 62–64; 3, с. 167–183; 4, с. 107–110].

1. *Обод*. Він несе на собі зубці, сприймає навантаження з боку зубців й тому повинен бути міцним. У той же час повинен бути досить податливим, щоб, деформуючись під навантаженням, сприяти більш рівномірному розподілу навантаження по довжині зуба. Для цього внутрішню поверхню обода іноді роблять конусною. Жорсткість обода забезпечує його товщина δ_o .

2. *Маточина*. Служить для сполучення зубчастого колеса з валом і передачі обертового моменту T від вала до колеса або навпаки.

Від довжини маточини залежить стійкість зубчастого колеса на валу. Маточина повинна бути жорсткою й міцною, що забезпечується достатньою товщиною її стінок. Тому рекомендується призначати довжину і діаметр маточини в межах (див. табл. 2.1).

Маточина може розташовуватися симетрично або несиметрично щодо зубчастого вінця або дорівнює ширині обода. Для литих коліс і коліс, одержуваних вільним куванням доцільно мати двосторонню маточину. При використанні штампованої заготовки й при нарізуванні зубців методом обкочування маточину виконують однобічною.

3. *Диск*. З'єднує обід з маточиною. Товщину диска звичайно приймають у межах (див. табл.2.1).

Для полегшення коліс і економії металу, а також для кріплення на верстаті й зручності транспортування в дисках зубчастих коліс виконуються отвори. Ці отвори розташовуються рівномірно по колу на діаметрі d_o .

Консультант повинен постійно нагадувати, що всі розрахункові величини треба погоджувати з рядом нормальних лінійних розмірів відповідно до стандарту по ряду $R_a 40$ [1, табл. 7].

У підручниках наведені різні варіанти конструкції зубчастих і черв'ячних коліс. При конструкторському проробленні студент за допомогою консультанта повинен вирішити, яка конструкція коліс найбільше підходить.

Установка коліс на валах

При установці зубчастих коліс на валу необхідно забезпечити дві умови: відсутність провертання колеса щодо вала й осьова фіксація на валу, якщо колеса не переміщаються уздовж вала при роботі механізму.

Для передачі обертового моменту з вала на колесо або навпаки, зубчасті колеса встановлюють на вал за допомогою шпонкового з'єднання або за допомогою шліцьового з'єднання. Ці з'єднання запобігають провертанням деталей при передачі обертового моменту.

Шпонкове з'єднання рекомендується застосовувати при індивідуальному або дрібносерійному виробництві.

Шліцьове з'єднання застосовують при крупносерійному і масовому виробництві. Також доцільно застосувати це з'єднання для установки рухомих блокових зубчастих коліс.

Необхідно відзначити, що принципи конструювання вала з нерухомими в осьовому напрямку зубчастими колесами будуть відрізнятися від принципів конструювання вала з рухомими блоковими колесами. Тому конструкція вала коробки швидкостей із установленими на ньому рухомими блоковими колесами [2, рис. 6.13] буде відрізнятися від конструкції вала, на якому колеса закріплені нерухомо в осьовому напрямку [2, рис. 6.23].

Консультант повинен пояснити, що на конструкцію вала й спосіб осьової фіксації коліс впливає метод складання вузла вала.

При розгляді способів осьового фіксування консультант повинен відзначити, що можна виділити два випадки розташування деталі: ту, що фіксується, на кінці вала (на консолі) або розташовується між опорами. Методи осьової фіксації будуть однаковими для всіх видів деталей передач: зубчастих коліс, шківів, зірочок. Для наочності матеріалу необхідно використовувати наявні на кафедрі плакати по даній темі.

У літературі досить докладно описані методи осьового фіксування деталей на валу [1, с. 19; 2, с. 85–94; с. 189–213; 3, с. 166].

Конструювання шківів

Шківні пасових передач можуть бути литими із чавуну, сталевими (литими й звареними), з легких сплавів (штампованими й литими) і з неметалічних матеріалів. Шківні пасових передач, подібно зубчастим колесам (рис. 2.1) складаються з обода, спиць або диска й маточини.

Форма робочої поверхні шківня визначається видом пасу й умовами роботи передачі [2, с. 285–288; 4, с. 22–33].

Для плоскопасової передачі при габаритному розмірі $d < 80\text{мм}$ доцільно шківні виконувати монолітним (рис. 2.4,а). Для $d = (80..200)\text{мм}$ перевагу слід надати дисковій конструкції (рис. 2.4,б), шківні з $d > 200\text{мм}$ рекомендують робити зі спицями (рис. 2.4,в).

Для плоских пасів бажаною формою поверхні обода є гладка полірована циліндрична поверхня. У швидкохідних передачах зовнішню поверхню одного із двох шківнів варто виконати опуклою або із двома конусами.

Товщину обода e на краю для чавунних литих шківнів плоскопасової передачі приймають

$$e = 0,005d + 3\text{мм},$$

де d – діаметр шківня, мм.

Більший шківня передачі виконують випуклим для самовстановлювання пасу (рис. 2.4,б). Розмір опуклості δ залежить від діаметру і ширини шківня (табл. 2.2).

Маточина у шківні по можливості повинна бути симетричною щодо обода.

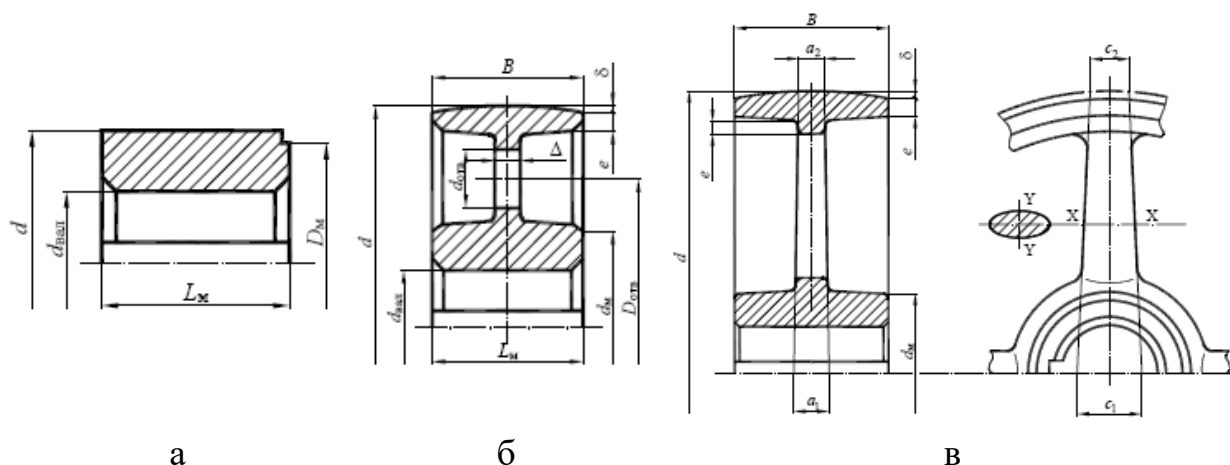


Рисунок 2.4 – Конструкції шківнів плоскопасової передачі: а – монолітний, б – дисковий; в – зі спицями

Таблиця 2.2 – Стріла опуклості плоскопасової передачі

Діаметр шківів d , мм	Стріла опуклості δ , мм
≤ 112	0,3
125...140	0,4
160...180	0,5
200...224	0,6
250...280	0,8
315...355	1,0
400...450	1,0 ($B \leq 125$ мм)
	1,2 ($B > 125$ мм)
500...560	1,0 ($B \leq 125$ мм)
	1,5 ($B > 125$ мм)
630...800	1,0 ($B \leq 125$ мм)
	1,5 ($B = 140...160$ мм)
	2,0 ($B > 160$ мм)

Розміри маточини визначаються по формулах:

– довжина маточини для всіх матеріалів

$$L_M \approx (1,2...1,5)d_g;$$

– діаметр маточини для чавунних шківів

$$d_M \approx (1,7...1,8)d_g;$$

– для сталевих шківів.

$$d_M \approx (1,6...1,7)d_g.$$

Остаточно розміри маточини: довжина L_M й діаметр d_M приймають із урахуванням результатів розрахунку шпонкового або шліцьового з'єднання.

Ширина обода шківів для плоскопасових передач приймається по ширині пасу зі стандартного ряду розмірів і визначена в РГР (що виконана у попередньому семестрі).

Товщина диска Δ дорівнює:

$$\Delta \approx (1,2...1,5)e.$$

У шківів з діаметром $D > 200$ мм диск з технологічних міркувань необхідно виконувати у вигляді конуса.

Шківів з діаметром $D \geq 500$ мм виконують звареними.

Відзначимо, що на даний час промисловістю серійно виготовляються клинові паси семи перерізів – О(З), А(А), Б(В), В(С), Г(Д), Д(Е) та Е(ЕО). Шківів для передач клиновими пасами, як і для плоскопасових передач,

зазвичай виконують литими із чавуну СЧ 15...30 (при $V > 30$ м/с використовують алюмінієві сплави). Від шківів для плоскостасових передач шківів для клинових пасів відрізняються профільною формою обода. Її конструкцію та розміри (рис. 2.5) приймаються з табл. 2.3, 2.4 для кожного шківів окремо, а зовнішній діаметр та ширину обода обчислити за формулами:

$$d_e = d + 2h_e; B = (z - 1)t + 2f.$$

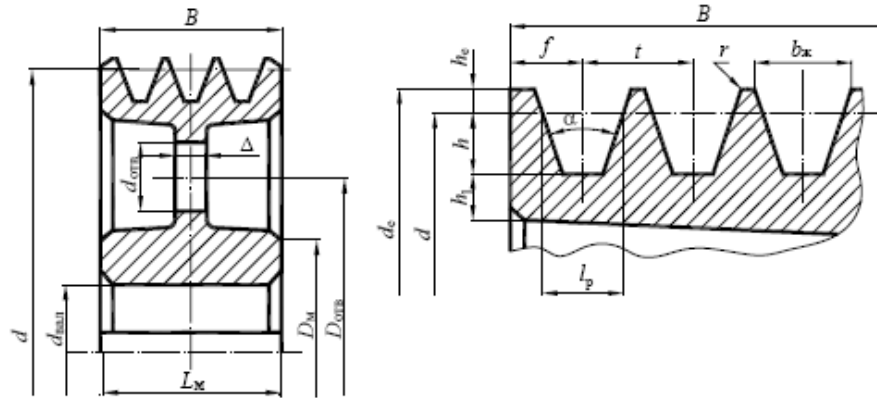


Рисунок 2.5 – Розміри профілю жолобків і обода шківів

Таблиця 2.3 – Геометрія шківів клинопасової передачі

Переріз	Конструкція шківів при d (мм)			Розміри профілю жолобків та обода (мм)						
	монолітна	дискова	зі спицями	b_n	$h_{e\min}$	h_{\min}	t	f	r	h_1
Z	≤ 90	80...160	≥ 180	8,5	2,5	7,0	12,0	8,0	0,5	6
A	≤ 100	112...200	≥ 224	11	3,3	8,7	15,0	10,0	1,0	6
B	–	125...250	≥ 280	14	4,2	10,8	19,0	12,5	1,0	8
C	–	200...355	≥ 400	19	5,7	14,3	25,5	17,0	1,5	10
D	–	355...450	≥ 500	27	8,1	19,9	37,0	24,0	2,0	12
E	–	–	≥ 500	32	9,6	23,4	44,5	29,0	2,0	14
EO	–	–	≥ 500	42	12,5	30,5	58,0	38,0	2,5	16

Таблиця 2.4 – Геометрія шківів клинопасової передачі

Переріз	d (мм)	$b_{\text{ж}}$ (мм)	α (°)	Переріз	d (мм)	$b_{\text{ж}}$ (мм)	α (°)
Z	50...71	10,0	34	C	200...315	22,9	36
	80...100	10,1	36		355...630	23,1	38
	112...160	10,2	38		≥ 710	23,3	40
	≥ 180	10,3	40		D	315...450	32,5
A	75...112	13,1	34	500...900		32,8	38
	125...160	13,3	36	≥ 1000	33,2	40	
	180...400	13,4	38	E	500...560	38,2	36
	≥ 450	13,5	40		630...1120	38,6	38
B	125...160	17,0	34	≥ 1250	38,9	40	
	180...224	17,2	36	EO	800...1400	50,6	38
	250...500	17,4	38		≥ 1600	51,1	40
	≥ 560	17,6	40				

Промисловістю серійно виготовляються поліклинові паси трьох перерізів: К(РК), Л(РЛ), М(РМ) (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Характеристики поліклинових пасів з шнуровим кордом

Переріз	$T_1, Н \cdot м$	$d_{1min}, мм$	$L_0, мм$	$q, кг/м$	$t, мм$	$H, мм$	$h, мм$	$r_1, мм$	$r_2, мм$
РК	< 40	40	710	0,09	2,40	4,00	2,35	0,10	0,40
РЛ	18...400	80	1600	0,45	4,80	9,50	4,85	0,20	0,70
РМ	> 130	180	2240	1,60	9,50	16,70	10,35	0,40	1,00

Зовнішні діаметри шківів та ширину обода (рис. 2.6) обчислюють за формулами:

$$d_e = d - 2h_e; B = b - t + 2f(z - 1)t + 2f,$$

де $B = t \cdot z$ – ширина паси (мм); значення h_e, t, f наведені у табл. 2.6.

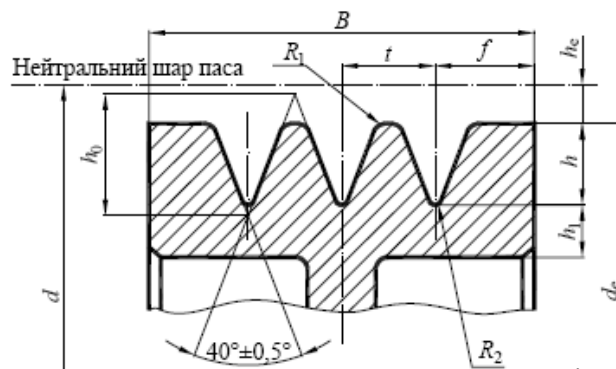


Рисунок 2.6 – Розміри профілю жолобків і обода шківів

Таблиця 2.6 – Розміри профілю жолобків та обода для шківів поліклинових пасових передач, мм

Переріз	t	h	h_e	h_1	h_0	f	R_1	R_2
РК	2,40	2,35	1,00	5,00	3,30	3,50	0,30	0,20
РЛ	4,80	4,85	2,40	6,00	6,60	5,50	0,50	0,40
РМ	9,50	10,35	3,50	7,50	13,05	10,00	0,80	0,60

Посадка шківів на вал

Шків пасових передач розміщують на циліндричних або конічних кінцях валів, використовуючи шпонкове або шліцьове з'єднання. Більш зручно закріплювати шків на конічних кінцях валів.

Оськова фіксація шківів аналогічна фіксації зубчастих коліс.

Консультант повинен відзначити, що спосіб установки шківа на вал остаточно визначиться після перевірного розрахунку вала на витривалість.

Навантаження від натягу пасу можуть привести до небажаного збільшення діаметра вала. У цьому випадку застосовується особлива конструкція при установці шківа на втулку, що розвантажує вал [2, с. 287].

Зірочки ланцюгових передач

Конструкція зірочок ланцюгових передач відрізняється від конструкції циліндричних зубчастих коліс зовнішнього зачеплення лише зубчастим вінцем. Тому діаметр і довжину маточини виконують по співвідношеннях для зубчастих коліс зовнішнього зачеплення.

Зірочки виконують литими, кованими й звареними. При малому діаметрі зірочка також може бути виготовлена заодно з валом. Іноді зірочки виготовляють зі змінним вінцем, що дозволяє замінити вінець при зношуванні зубців зірочок, які є слабким елементом. Вінець можна виконати роз'ємним, що значно спростить його заміну при зношуванні зубців.

Великі зірочки, подібно зубчастим колесам і шківам, виготовляються із суцільним диском, а іноді – зі спицями.

Приклади конструктивного виконання зірочок ланцюгових передач можна подивитися в наступній літературі [2, с. 297–298; 4, с. 44–46] (рис. 2.7).

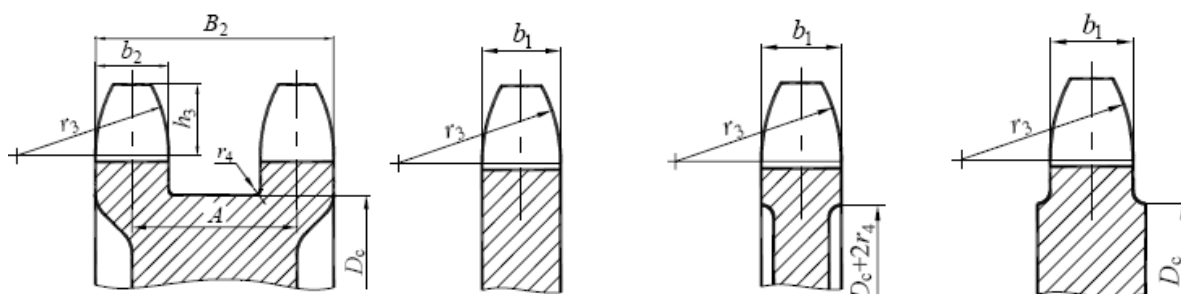


Рисунок 2.7 – Розміри зубців і вінців зірочок

Радіус заокруглення зуба (найменший):

$$r_3 = 1,7 \cdot d_1,$$

де d_1 – діаметр ролика.

Відстань від вершини зуба до лінії центру дуг заокруглень:

$$h_3 = 0,8 \cdot d_1.$$

Діаметр ободу зірочки:

$$D_c = p \cdot \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} - 1,3 \cdot h_3,$$

де p – крок ланцюга;

z – кількість зубців зірочки.

Зірочки з'єднують із валом в основному за допомогою шпонкового з'єднання. Від поздовжнього зсуву зірочки закріплюють так само, як і зубчасті колеса, в основному торцевою гайкою.

Необхідно відзначити, що зірочки встановлюють тільки на циліндричний кінець вала. Якщо встановити зірочку на конічний кінець вала, то при осьовій фіксації зірочки, при затягуванні гайки, відбудеться зсув вінця однієї зірочки щодо вінця іншої зірочки, що неприпустимо для роботи ланцюгової передачі.

Консультант повинен нагадати студентам, як вибирати шпонки для з'єднання деталей передач із валом. Шпонки вибираються відповідно до стандарту залежно від діаметра вала. Довжина маточини колеса, шківів або зірочки повинна бути більше стандартної довжини шпонки $l_M > l$ (рис. 2.8). Можна довжину шпонки визначити з умови міцності на зминання й потім прийняти стандартне значення.

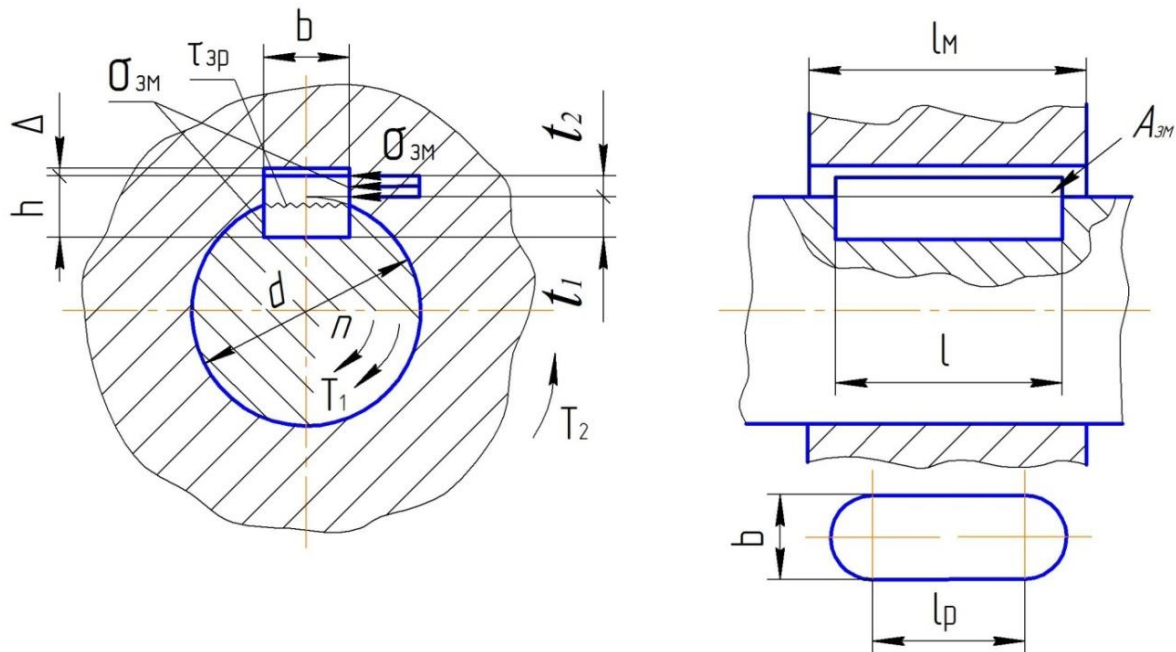


Рисунок 2.8 – Схема шпонкового з'єднання

Мінімальна довжина шпонки розраховується по формулі

$$l \geq \frac{2000 \cdot T \cdot K_{пер}}{d(h - t_1)[\sigma]_{зм}}$$

де $K_{пер}$ – коефіцієнт перевантаження;

h – висота шпонки, мм;

t_1 – глибина шпонкового паза на валу, мм;

$[\sigma]_{зм}$ – допустиме навантаження, МПа.

$$[\sigma]_{зм} = \frac{\sigma_T}{S},$$

де σ_T – границя текучості найбільш слабкого матеріалу деталі (вала, шпонки, маточини);

S – коефіцієнт безпеки: $S = 1,5 \dots 2,0$.

Матеріал шпонок – сталь: Ст.6, 45, 50.

У редукторах для шпонок зі сталі 45 при сталевій маточині й спокійному навантаженні $[\sigma]_{зм} = 130 \dots 180 \text{ МПа}$; при коливаннях навантаження $[\sigma]_{зм}$ варто знижувати на 20...25%; при ударному навантаженні – знижувати на 40...50%; при чавунній маточині наведені значення $[\sigma]_{зм}$ треба знижувати вдвічі.

Індивідуальна консультація

При проведенні індивідуальної консультації викладач повинен закріпити той теоретичний матеріал, що розглядався на загальній консультації. Критично розглядаючи самостійну роботу студента, консультант на міліметрівці або в «щоденнику» студента проробляє різні варіанти конструкції, пояснюючи переваги й недоліки. Студентам корисно слухати консультацію не тільки по своєму проекті, але й по проектах своїх товаришів. Записувати рекомендації, замальовувати варіанти.

Завдання на наступну консультацію

1. Проробити конструкцію валів, із установленими на них деталями передач.

2. Вибрати й перевірити шпонки.

Староста групи повинен завести в журналі групи сторінку для курсового проектування, на якій відзначати відсоток виконання проекту кожним студентом.

Викладач повинен не забувати фіксувати в журналах, своєму і груповому, обсяг виконаної роботи й підписувати журнал.

3 КОНСТРУКЦІЇ ОПОР ВАЛІВ НА ПІДШИПНИКАХ КОЧЕННЯ

Ціль: коротко ознайомити студентів з основними положеннями й вимогами, пропонованими до конструкцій підшипникових вузлів, що забезпечують їхню працездатність і необхідну довговічність.

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Кафедральний альбом конструкцій.

6. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

7. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Наочні приладдя.

Плакати «Підшипники кочення».

Організаційна частина

Переклик..... 3 хв.

Групова консультація (теоретичний матеріал) 25 хв.

Індивідуальна консультація 55 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Необхідний теоретичний матеріал представлений в [1, с. 34–37; 2, с. 48–49; 3, с. 200–224; 4, с. 203–205].

У попередньому семестрі студенти вже вибрали попередньо підшипники для опор валів і в таблиці вказали параметри підшипників.

При виборі підшипників враховують характер навантажень, які повинні сприймати підшипники. Характер навантажень, визначаючий тип підшипника, впливає й на конструкцію опори вала.

Відомі три схеми установки вала на підшипниках кочення:

- вал з фіксацією від осевого переміщення в обох опорах (рис. 3.1);
- вал з фіксацією від осевого переміщення в одній опорі (рис. 3.2);
- вал без фіксації від осевого переміщення в опорах (рис. 3.3).

Фіксація внутрішніх кілець на валу може, наприклад, здійснюватися: посадкою з натягом внутрішнього кільця (рис. 3.1, а), додатково до посадки з натягом – торцевою шайбою (рис. 3.2, а; поз.7), додатково до посадки з натягом – торцевою гайкою (рис. 3.1, б; поз.6). Зовнішнє кільце в корпусі встановлюють: без фіксації (рис. 3.2, а, б – права опора), з однією фіксацією (рис. 3.1, а, б – всі опори), із двоїчною фіксацією (рис. 3.2, а – ліва опора та рис. 3.3 – всі опори).

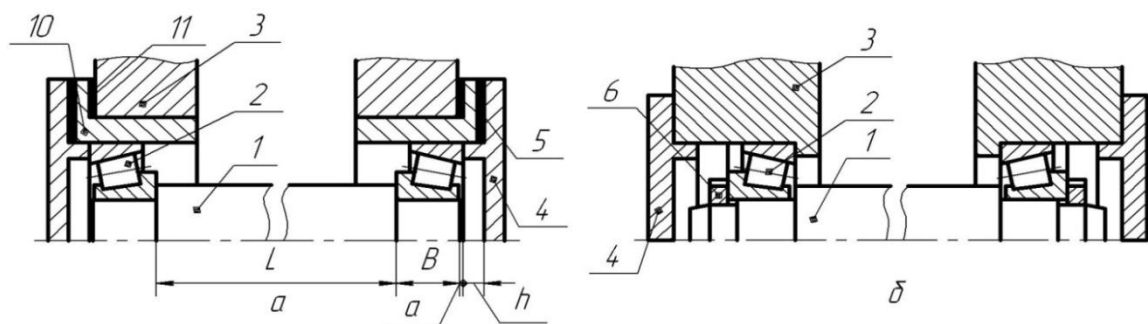


Рисунок 3.1 – Установка вала з фіксацією від осевого переміщення в обох опорах

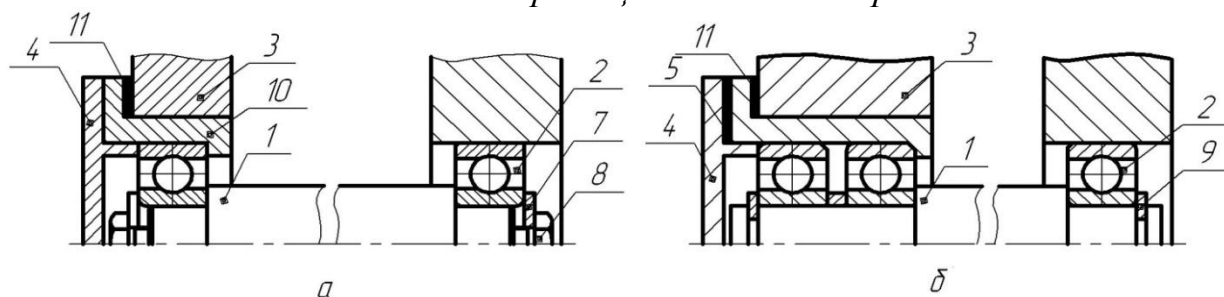


Рисунок 3.2 – Установка вала з фіксацією від осевого переміщення в одній опорі

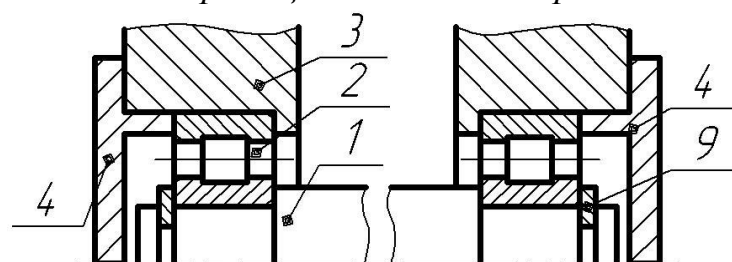


Рисунок 3.3 – Установка вала без фіксації від осевого переміщення в опорах

Перший спосіб установки вала реалізується за двома схемами – «у розпір» (рис. 3.1, а) і «у розтяг» (рис. 3.1, б); другий спосіб реалізується за схемою вільного осьового переміщення тіл кочення (у роликотідшипників) чи зовнішнього кільця (у шарикотідшипників).

З двох схем першого способу установки вала на підшипниках найбільш простою і поширеною є схема «у розпір» (широкі торці зовнішніх кілець ззовні) внаслідок можливості регулювання опор монтажними прокладками і відносної простоти їхньої конструкції.

Недоліками схеми «у розпір» є наступні особливості. Розміри L, B, a, h (рис. 3.1, а) утворюють розмірний ланцюг. Помилки при виготовленні деталей за цими розмірами призводять до зміни величини зазору a . Тому допуски на виготовлення деталей цього підшипникового вузла досить жорсткі. Другим недоліком цієї схеми є вірогідність защемлення вала в опорах внаслідок нагрівання підшипників. Для усунення цих недоліків при монтажі вузлів між кришкою і корпусом встановлюють монтажні прокладки.

Схема «у розпір» частіше застосовується для коротких валів (відношення довжини вала до його діаметра $L/d < 4$) при обов'язковій наявності загального осьового зазору $a = 0,2...0,5 \text{ мм}$. Основними перевагами схеми «у розтяг» (широкі торці зовнішніх кілець зсередини) є можливість регулювання опор і мала імовірність защемлення вала опорах внаслідок нагрівання підшипників. Недоліками схеми «у розтяг» є ускладнення конструкції вузла в порівнянні зі схемою «у розпір» і можливість виникнення додаткових зазорів у підшипниках.

Спосіб установки вала, коли він фіксується від осьового переміщення в одній опорі, застосовують для порівняно довгих валів ($L/d > 8...10$), а також для валів з підшипниками, що встановлені в окремих корпусах. Тут фіксований на валу і в корпусі підшипник (рис. 3.2, а) сприймає радіальне й осьове навантаження, а вільно розміщений у корпусі другий підшипник (плаваюча опора) – тільки радіальні навантаження.

Перевагами другого способу установки вала на підшипниках є те, що температурні деформації вала не викликають його защемлення в підшипниках, а помилки виготовлення деталей підшипникових вузлів не впливають на точність їхнього монтажу. Недоліками є мала радіальна і осьова жорсткість опор вала, а також відносна складність конструкції фіксованої опори.

Жорсткість опор і самого вала може бути підвищена при установці у фіксуєчій опорі пари підшипників (рис. 3.2, б). У такій опорі радіальні й осьові зазори підшипників регулюють за допомогою набору монтажних прокладок між корпусом і кришкою.

Спосіб установки вала на двох плаваючих опорах застосовують, коли необхідно, щоб один з валів машини мав при роботі можливість осьового переміщення в обох напрямках. Тут нерідко використовуються циліндричні роликотідшипники без бортів на одному з кілець, переважно на зовнішньому, і рідше – сферичні кулькові підшипники. Для таких опор дуже важливо забезпечити надійну фіксацію і посадку кілець для виключення можливості їхнього провертання в процесі тривалого терміну роботи. Прикладом такої установки є шевронна передача. Для нормальної роботи шевронної передачі необхідно забезпечити можливість осьового переміщення одного з валів, тобто виконати його плаваючим. При конструюванні плаваючого вала для шевронної пари (вихідний вал на рис. 3.4) обидві опори виконуються плаваючими. У цьому випадку зручніше встановлювати в опорах роликові радіальні підшипники з коротким циліндричним роликом. При цьому в підшипників фіксуються із двох сторін обидва кільця: внутрішнє й зовнішнє. Поверхня тертя менше зношується, тому що відбувається тертя між роликом і кільцем підшипника, а не між корпусом і кільцем підшипника.

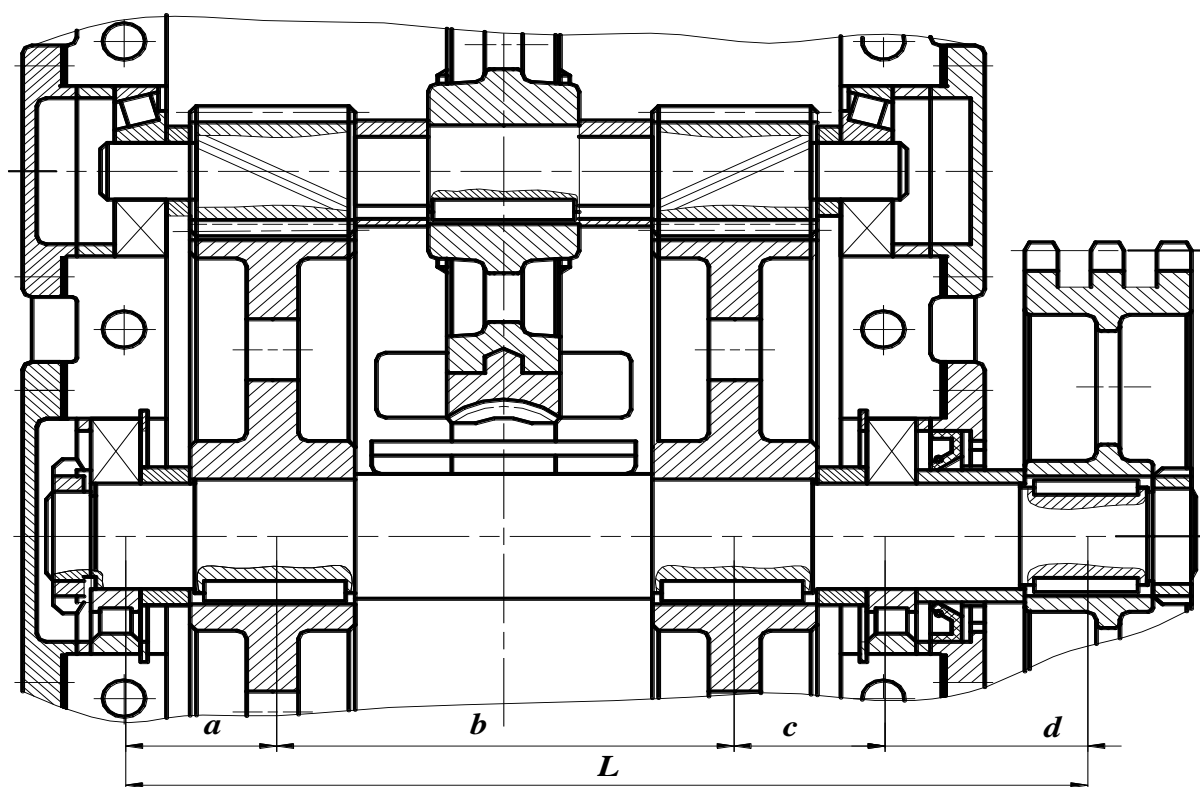


Рисунок 3.4 – «Плаваючий» вал шевронної передачі

Необхідно звернути увагу студентів на можливості сучасних підприємств забезпечувати необхідну точність виготовлення деталей. Це дозволяє створювати в підшипниках зазори оптимальної величини без використання методів пригону й регулювання. Необхідна точність деталей (допуски розмірів) визначається розрахунком розмірних ланцюгів методом повної взаємозамінності.

Ущільнювальні пристрої

Ущільнювальні пристрої призначені для запобігання витікання мастила з підшипникового вузла, а також для захисту від проникнення в підшипник ззовні: пилу, бруду, вологи й т.п. [2, с. 180–186].

За принципом дії ущільнювальні пристрої підрозділяються на:

1. Контактні (манжетні). Застосовуються при низьких і середніх швидкостях. Забезпечують захист підшипника за рахунок контакту деталей в ущільненнях.

2. Щілинні й лабіринтові, застосовувані в необмеженому діапазоні швидкостей і здійснюють захист за рахунок опору протіканню рідини або газу через вузькі щілини.

3. Відцентрові, застосовувані при середніх і високих швидкостях, дія яких заснована на відкиданні відцентровими силами змащення й забруднюючих речовин, що попадають на захисні обертові диски.

4. Комбіновані, що сполучають ущільнення, засновані на двох або більше типах ущільнень.

У редукторах найчастіше застосовують манжетні ущільнення. Вони стандартизовані.

Послідовність пророблення конструкції валів практично однакова.

Індивідуальна консультація

Під час консультації викладач повинен звертати увагу всіх студентів на помилки в розглянутій конструкції, пропонувати більше прийнятні варіанти, при цьому показувати рекомендується в підручниках або кафедральному альбомі.

Студенти повинні фіксувати все, що говорить викладач в «щоденниках» і задавати питання, якщо щось незрозуміло.

Завдання на наступну консультацію

1. На міліметровій проробити конструкцію валів, коліс, опор.
2. Прокреслити в тонких лініях деталі, установлені на вихідних кінцях валів.
3. Виконати вибір і перевірочний розрахунок шпонок.

4 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВАЛІВ

Ціль: нагадати студентам методику перевірного розрахунку валів

Література до заняття:

1. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7–е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

2. Шейнблит, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2–е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. Киркач, Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3–е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. Вали (осі) і підшипники кочення : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей / С. Г. Карнаух, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 85 с.

5. Цехнович, Л. И. Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2–е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

6. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

7. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Переклик..... 5 хв.

Загальна консультація 25 хв.

Індивідуальна консультація 53 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Основний теоретичний матеріал представлений у роботі [4].

Для виконання технічного проекту необхідно остаточно визначитися з конструкцією редуктора. Для цього треба виконати перевірочні розрахунки валів, підшипників, шпонок.

Порядок розрахунку цих деталей докладно розглядався на практичних заняттях, тому консультант повинен нагадати основні положення цих

розрахунків і розповісти, як необхідно оформляти розрахунки у пояснювальній записці.

Перевірочний розрахунок валів на витривалість

При розрахунку валів необхідно дотримуватися наступної послідовності розрахунку:

1. Складається загальна схема завантаження валів передаточного механізму.

2. Визначаються навантаження, що діють на вал.

3. Визначаються реакції в опорах у двох площинах (відстані беруться із креслення).

4. Будується епюра згинальних моментів у двох площинах, епюра сумарного згинального моменту й епюра крутного моменту.

5. По епюрі сумарного згинального моменту визначається небезпечний переріз вала.

6. Розраховуються фактичні напруження згину й кручення для небезпечного перерізу.

7. Визначаються запаси міцності по нормальних і дотичних напруженням для небезпечного перерізу.

8. Розраховується фактичний сумарний запас міцності й дається висновок про придатність вала.

9. Пункти 2–9 виконуються для всіх валів.

Консультант повинен пояснити студентам, як визначається положення умовних опор на валах [2, с. 131].

При установці в опорі вала радіально-упорних підшипників, положення умовної опори зміщається від середини підшипника на величину h .

Величина зсуву умовної опори h залежить від типу підшипника:

- для радіально-упорних кулькових

$$h = 0,5[B + 0,5(d + D)\operatorname{tg} \alpha],$$

- для радіально-упорних роликових

$$h = 0,5T + (d + D)e / 6,$$

де h – відстань від широкого торця підшипника до умовної опори.

Інші величини, що входять у формули являють собою розміри підшипників, які вибираються з каталогу.

Необхідно також нагадати про те, які сили виникають у зачепленні і як вони спрямовані в різних передачах [4].

У роботах [2, с. 99–109; 3, с. 173–177] наведені приклади схем навантаження валів різних конструкцій. Послідовність розрахунку валів можна подивитися в [1, с. 164; 3 с. 181; 4].

Якщо перевірка на витривалість вала виявиться незадовільною, потрібно або змінити матеріал вала, або збільшити діаметри.

Консультант повинен пояснити студентам, що значний запас міцності теж не вітається, тому що це призводить до зайвих витрат матеріалу. Рекомендується, щоб фактичний запас перебував у межах $4 \geq S \geq 1,7$.

Для виконання 2-го листа, на якому розміщуються необхідні проекції й розрізи проектованої складальної одиниці (редуктора або коробки швидкостей) треба знати розміри елементів корпусної деталі. У літературі по курсовому проектуванню досить докладно описані методи конструювання корпусних деталей [1, с. 257–285; 2, с. 224–244; 5, с. 37–47].

Консультант повинен звернути увагу студентів спеціальності «Зварювання», що вони виконують зварений корпус. Залежності для визначення розмірів елементів звареного корпуса не відрізняються від залежностей для литих корпусів [1, с. 283].

Індивідуальна консультація

На індивідуальній консультації особливу увагу студентів треба звернути на правильність визначення положення умовних опор і відстаней прикладених зовнішніх навантажень.

Завдання на наступне заняття.

1. Скласти схему завантаження валів.
2. Визначити сили, що діють на вали.
3. Допрацювати ескізне компонування передаточного механізму.

5 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Ціль: нагадати студентам методику перевірного розрахунку підшипників кочення.

Література до заняття:

1. Деталі машин : конспект лекцій / С. Г. Карнаух, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 212 с.

2. Вали (осі) і підшипники кочення : методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей / С. Г. Карнаух, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 85 с.

3. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

4. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

5. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Переклик..... 3 хв.
Групова консультація (теоретичний матеріал) 25 хв.
Індивідуальна консультація 55 хв.
Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Основні теоретичні відомості за розрахунками підшипників кочення наведені в роботах [1, с. 155–163; 2; 3 с. 101–115].

Консультант повинен нагадати порядок розрахунку підшипників кочення, докладно розглядався на практичних заняттях, і розповісти, як оформляти розрахунки у пояснювальній записці.

Якщо вали в проєктованих передаточних механізмах обертаються із частотою $n > 1 \text{ хв}^{-1}$, розрахунок підшипників кочення виконують по динамічній вантажопідйомності, визначаючи довговічність із урахуванням заданої надійності. Довговічність підшипника забезпечена, якщо виконується умова

$$L_h \geq [L]_h,$$

де $[L]_h$ – необхідний ресурс (довговічність) роботи підшипника, що визначається як сума годин роботи привода.

L_h – скоректована довговічність (ресурс) у годинах, з урахуванням заданої надійності й умов роботи підшипників. Визначається по формулі:

$$L_h = a_1 a_{23} \frac{L \cdot 10^6}{60n} = a_1 a_{23} \left(\frac{C}{P} \right)^\alpha \frac{10^6}{60n}.$$

Викладач повинен нагадати студентам послідовність розрахунку підшипників і підкреслити, що перевірочний розрахунок підшипників кочення виконують тільки після перевірочного розрахунку валів, коли визначені реакції в опорах.

Послідовність розрахунку підшипників кочення [3 с. 106–112].

1. Попередній вибір підшипників з урахуванням сил, що діють на підшипник.

2. Визначення радіальних навантажень, що діють на підшипник.

Радіальне навантаження на підшипник являє собою сумарну реакцію, що обчислюється по формулі

$$F_R = \sqrt{R_{гор.}^2 + R_{верт.}^2},$$

де $R_{гор.}$ й $R_{верт.}$ – реакції в опорах у горизонтальній і вертикальній площині, Н.

Реакції визначаються при розрахунку валів на витривалість.

3. Розрахунок еквівалентного динамічного радіального навантаження.

Еквівалентне динамічне радіальне навантаження для радіальних і радіально–упорних кулькових і роликів підшипників може бути розрахована по загальній формулі

$$P_r = (XV F_R + Y F_A) K_B K_T,$$

де V – коефіцієнт кільця, урахує, яке кільце підшипника обертається: $V = 1$ при обертанні внутрішнього кільця підшипника щодо напрямку радіального навантаження й $V = 1,2$ при обертанні зовнішнього кільця:

X – коефіцієнт радіального навантаження;

F_R – радіальне навантаження на підшипник, Н;

Y – коефіцієнт осьового навантаження;

F_A – повне осьове навантаження на підшипник, Н;

K_B і K_T – коефіцієнти температури й безпеки відповідно, які призначаються по довіднику залежно від умов експлуатації підшипника [2].

Консультант повинен розповісти про особливості визначення еквівалентного динамічного радіального навантаження для радіально–упорних підшипників.

При визначенні повних осьових навантажень F_A , що діють на радіально–упорні підшипники регульованих типів, варто враховувати осьові

сили, що виникають під дією радіальних навантажень через нахил контактних ліній – осьові складові F_S .

Осьова складова визначається по формулі:

- для радіально-упорних конічних роликотідшипників

$$F_S = 0,83eF_R;$$

- для радіально-упорних шарикотідшипників

$$F_S = eF_R,$$

де e – граничне значення відношення F_A / F_R , що спричиняються вибір коефіцієнтів X і Y ;

Повне осьове навантаження для радіально-упорних підшипників F_A , рекомендується визначати по залежностях, наведеним у роботі [2].

При розрахунку еквівалентного динамічного радіального навантаження для радіально-упорних підшипників необхідно враховувати співвідношення радіального й осьового навантажень.

Якщо $\frac{F_A}{VF_R} > e$, то $P_r = (XVF_R + YF_A)K_B K_T$.

Якщо $\frac{F_A}{VF_R} \leq e$, то $P_r = XVF_R K_B K_T$.

Значення коефіцієнтів радіального й осьового навантаження X , Y і e залежать від типу й конструктивних особливостей підшипника й вибираються по довіднику [2].

4. Визначення базової довговічності.

Базова довговічність підшипників визначається при надійності $s = 90\%$ й виміряється або в млн. обертів, або в годинах. Формула для розрахунку має вигляд:

$$L = \left(\frac{C}{P_{re}} \right)^\alpha, \text{ млн.об.},$$

де C – базова динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

$\alpha = 3$ – показник ступеня для кулькових підшипників,

$\alpha = 10/3$ – показник ступеня для роликотідшипників;

P_{re} – еквівалентного динамічного радіального навантаження при змінних режимах роботи.

Викладач повинен звернути увагу студентів на те, щоб розмірності величин, які входять у формулу були однаковими.

5. Визначення скоректованої по надійності й умовам застосування довговічності (розрахункового ресурсу) підшипника, год:

$$L_a = a_1 a_{23} \left(\frac{C}{P} \right)^\alpha,$$

де a_1 – коефіцієнт довговічності у функції необхідної надійності [2, 3, с. 108];

a_{23} – коефіцієнт, що характеризує спільний вплив на довговічність особливих властивостей металу деталей підшипника й умов його експлуатації [2, 3, с. 108].

6. Переклад довговічності в години виконують по наступній залежності

$$L_h = \frac{L_a \cdot 10^6}{60n}, \text{ год.}$$

де n – частота обертання вала, на якому перевіряється встановлений підшипник, хв^{-1} .

Для підшипників проектованого привода приймаємо звичайні умови роботи.

7. Оцінюється придатність наміченого типорозміру підшипника.

Підшипник придатний, якщо розрахункова довговічність більше або дорівнює заданій довговічності, тобто повинна виконуватися умова

$$L_h \geq [L]_h.$$

Консультант повинен пояснити студентам, як діяти у разі коли перевірка виявиться незадовільною. Потрібно змінити типорозмір підшипника:

- збільшити діаметр вала під підшипник;
- прийняти більше важку серію, не змінюючи діаметра;
- замінити кульковий підшипник роликовим підшипником.

Студенти можуть переносити креслення з міліметрівки до графічного редактора, тільки після виконання перевірочних розрахунків валів на витривалість і перевірки підшипників кочення. Це дозволить уникнути непотрібної роботи з переробки конструкції при незадовільних перевірочних розрахунках.

Індивідуальна консультація

Консультант повинен особливу увагу приділити розрахункам валів, подивитися схеми завантаження валів, відзначити помилки.

Завдання на наступне заняття

1. Перевірочні розрахунки валів.
2. Перевірочні розрахунки підшипників.
3. Робота над 1 листом проекту.

6 РОЗРОБКА ФРОНТАЛЬНОЇ І ПРОФІЛЬНОЇ ПРОЕКЦІЙ ПЕРЕДАТОЧНОГО МЕХАНІЗМУ

Ціль: ознайомити студентів із правилами виконання загального виду редуктора (2-й аркуш)

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

6. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Переклик..... 3 хв.

Групова консультація (теоретичний матеріал) 25 хв.

Індивідуальна консультація 55 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Основні теоретичні відомості по конструюванню передаточних механізмів різного типу наведені в роботах [2, с. 224–244; 3 с. 136–168].

Креслення передаточного механізму повинне давати повне уявлення про конструкцію, як самого механізму, так і деталей, що входять у нього.

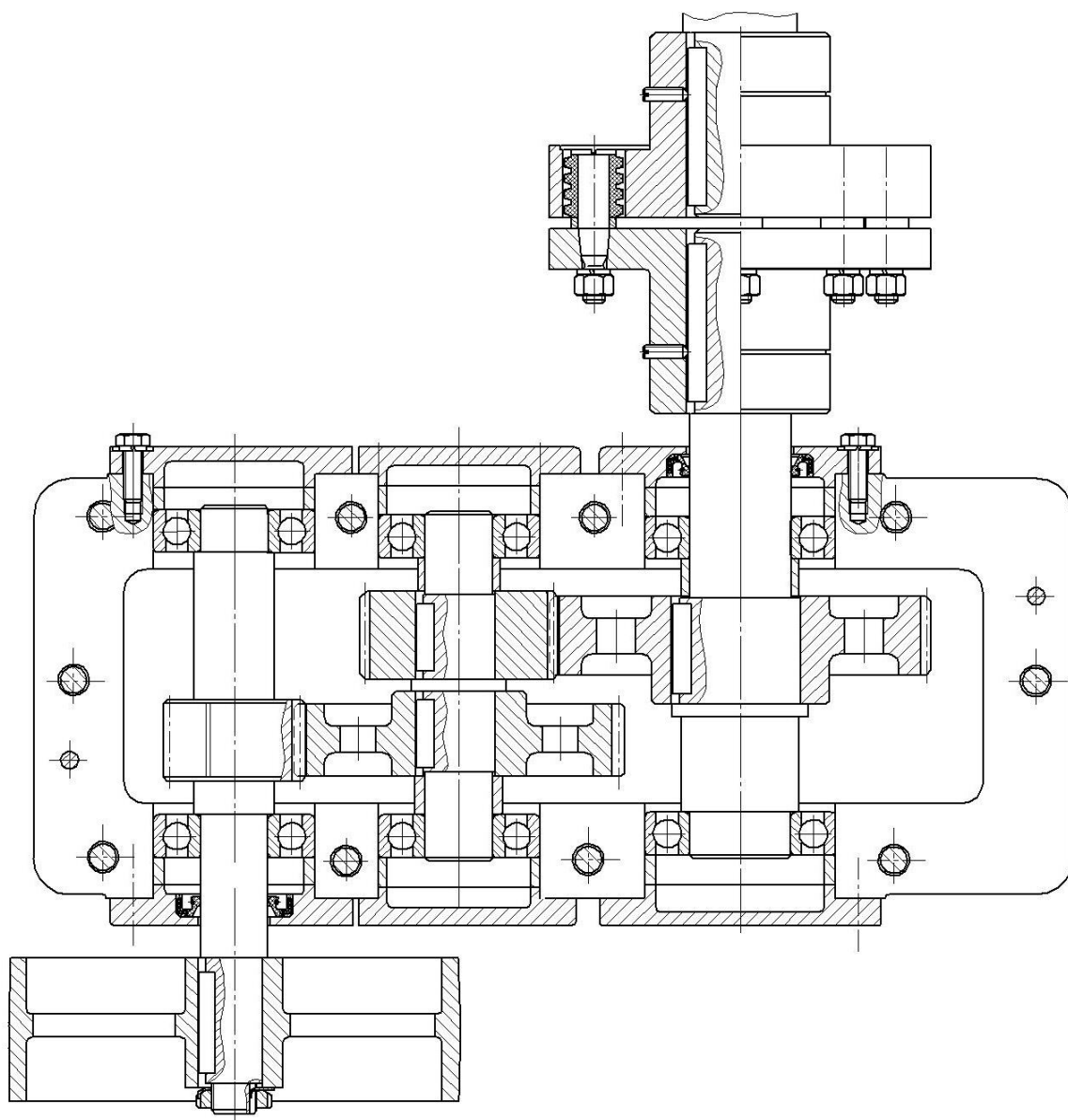
Кількість зображень (видів, розрізів, перетинів) повинне бути мінімальним, але вони повинні забезпечувати повне уявлення щодо пристрою, взаємодію його складових частин, складання й регулювання.

Складальне креслення передаточного механізму містить у собі мінімум три проекції, які звичайно виконуються на двох форматах А1 (рис. 6.1).

Перший аркуш являє собою розріз редуктора по площині роз'єму (див. рис. 6.1,а). Для кращого сприйняття конструкції редуктора, цей лист необхідно виконувати в масштабі 1:1.

На другому листі пророблюються дві проекції редуктора в зборі: фронтальна та профільна проекція (див. рис. 6.1,б). Приклади виконання можна подивитися в роботі [1, с. 77, 87–86, 88–89].

Рекомендується перед початком розробки другого листа, уточнити за завданням вид виконання редуктора (горизонтальний чи вертикальний). Це дозволить уникнути непотрібних помилок.



а

Рисунок 6.1 (лист 1) – Розріз редуктора по площині роз'єму (спрощений приклад 1 листа)

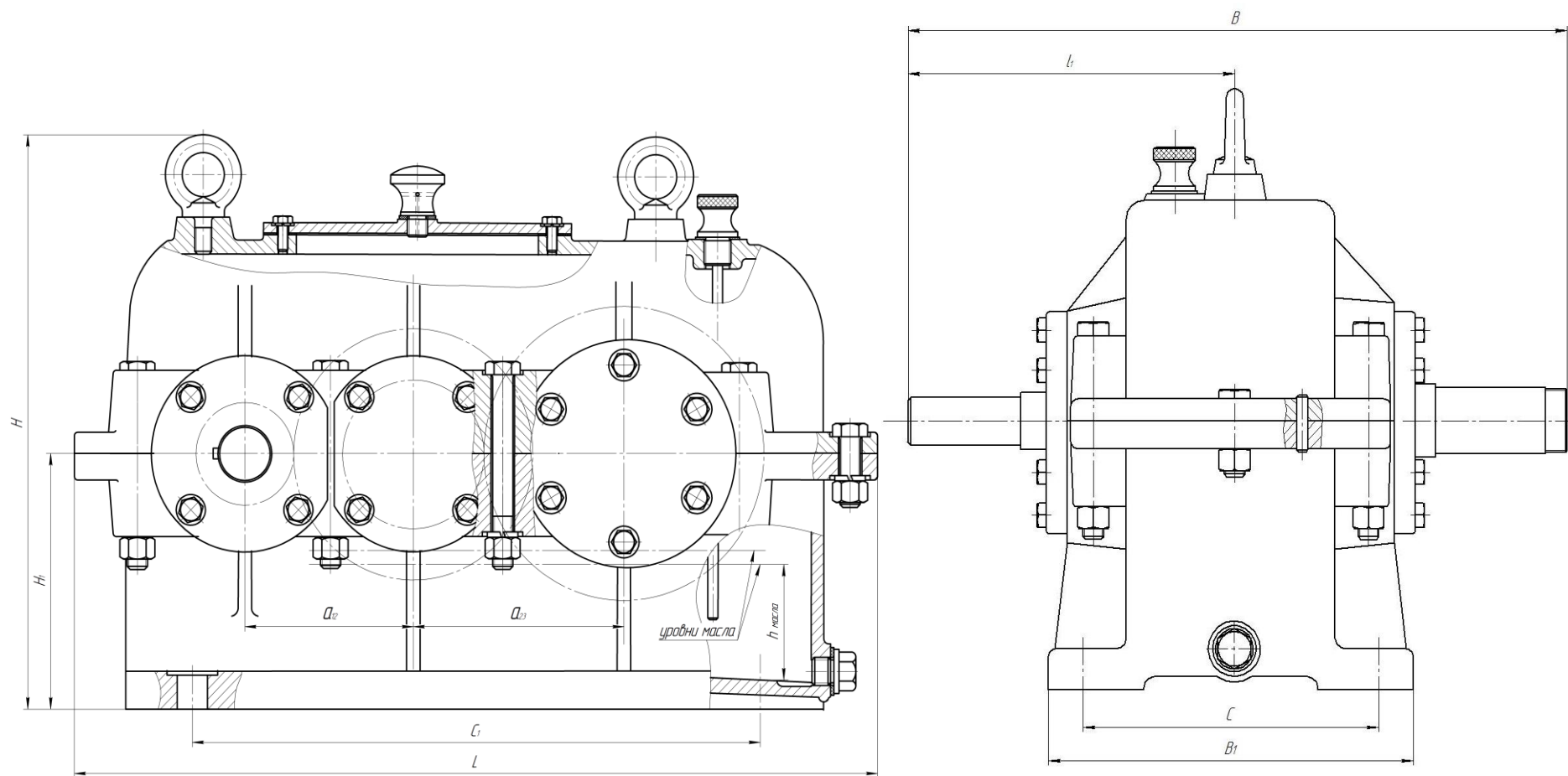


Рисунок 6.1 (лист 2) – Спрощений приклад 2-го листа

Зубчасті редуктори найчастіше мають роз'ємні корпуси (рис. 6.2). Корпус горизонтального редуктора складається із двох частин – нижньої частини й верхньої кришки. Корпуса вертикальних редукторів можуть мати дві поверхні роз'єму [1, рис. 47; 2, рис. А7].

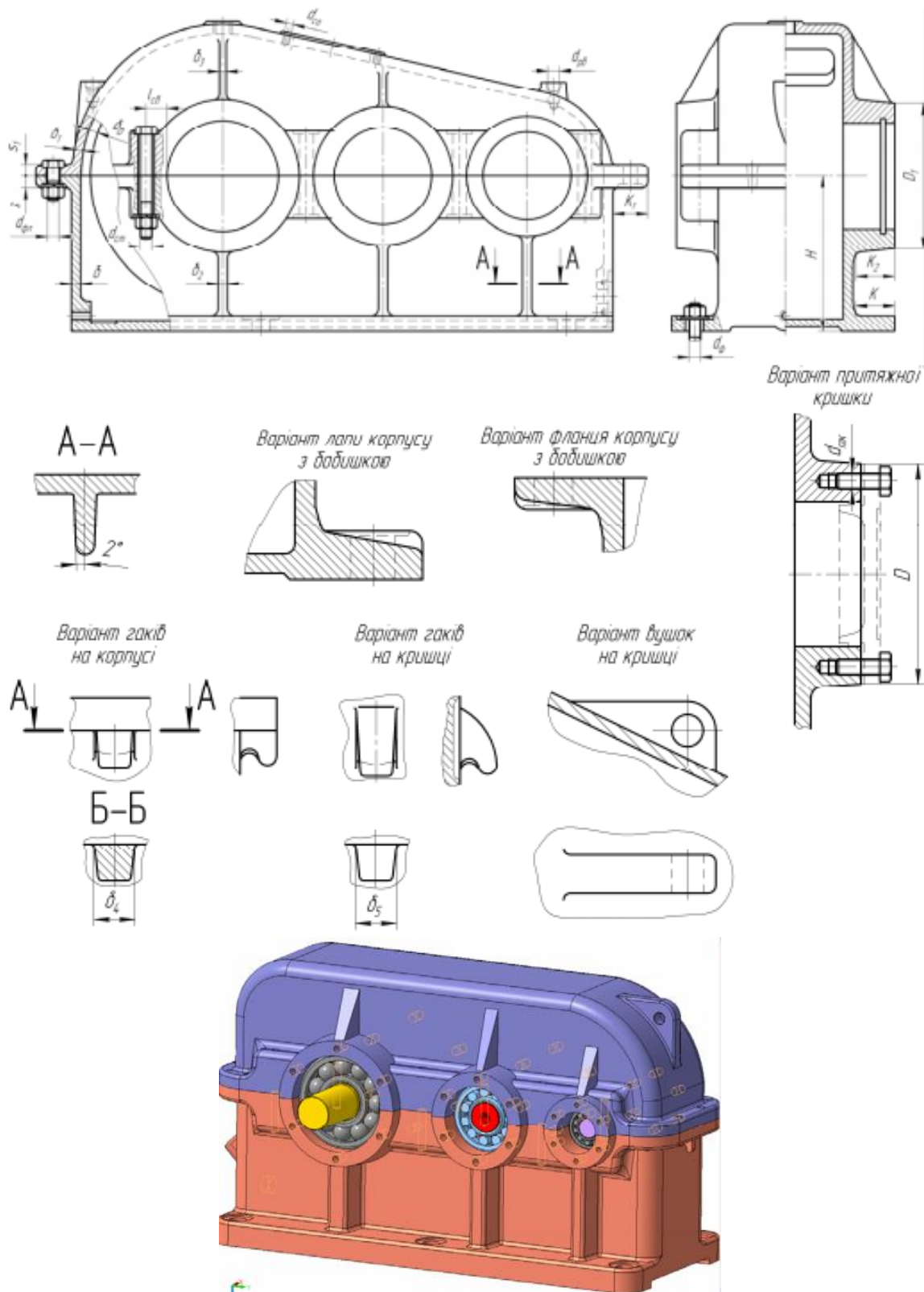


Рисунок 6.2 – Розміри базових конструктивних елементів корпусних деталей (табл. 6.1)

Таблиця 6.1 – Формули для розрахунку базових конструктивних елементів корпусних деталей

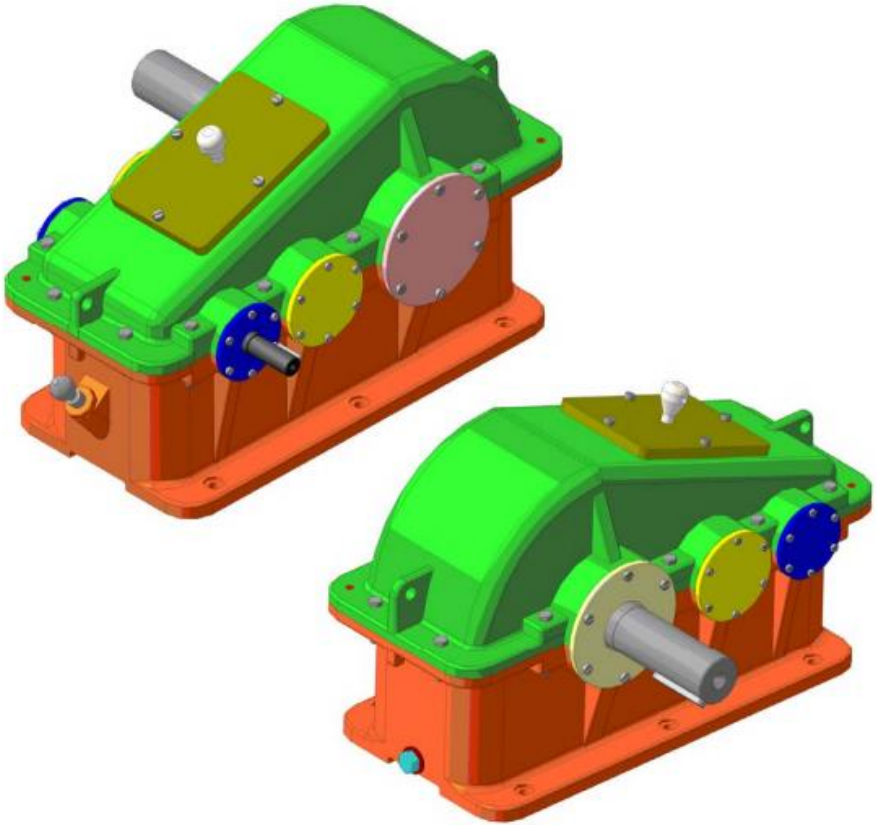
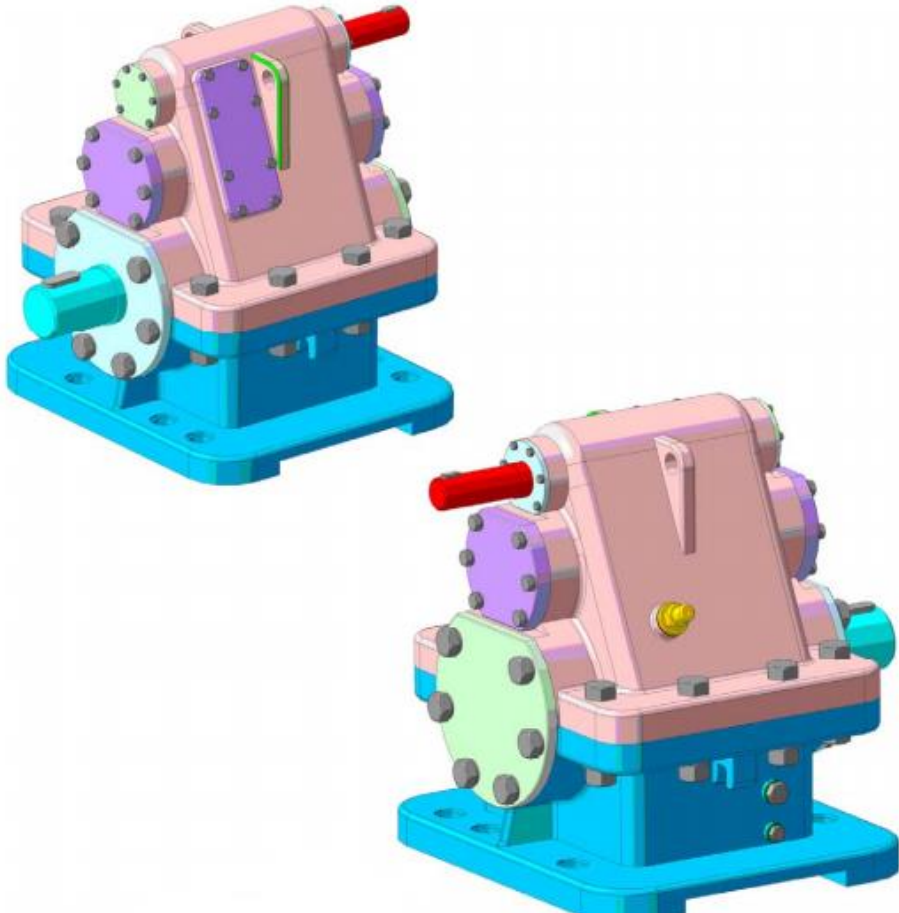
№	Назва елемента	Розмір елемента, мм
1	Товщина стінки корпусу	$\delta = 1,3\sqrt[3]{0,01T_{2p}^*} \geq 6$
2	Товщина стінки кришки корпусу	$\delta_1 = 0,9\delta \geq 6$
3	Товщина ребра разом зі стінкою корпусу	$\delta_2 = \delta$
4	Товщина ребра разом зі стінкою кришки	$\delta_3 = \delta_1$
5	Ливарний нахил ребер	2°
6	Діаметр бобишки під притяжну кришку	$D = 1,25d_n^{**} + 10$
7	Діаметр бобишки під закладну кришку	$D_1 = 1,2d_n^{**}$
8	Відстань між зубчастим колесом і стінкою корпусу	$\delta_0 \geq 0,6\delta$
9	Відстань від площини рознімного з'єднання корпусу до упорної поверхні лап корпусу	$H = 1,06a^{***}$
10	Товщина піднімальних гаків корпусу	$\delta_4 = 2,5\delta$
11	Товщина піднімальних гаків кришки	$\delta_5 = 2,5\delta_1$
12	Діаметр фундаментних болтів	$d_\phi = \sqrt[3]{0,03T_{2p}^*} \geq 12$
13	Діаметр стяжних болтів півбобишок	$d_{cm} = \sqrt[3]{0,013T_{2p}^*} \geq 10$
14	Діаметр стяжних болтів фланців поверхонь рознімного з'єднання	$d_{\phi_1} = (0,7...1,0)d_{cm}$
15	Діаметр гвинтів (болтів) кришки оглядового отвору (лючка)	$d_x = 0,5d_{cm} \geq 6$
16	Діаметр гвинтів (болтів) торцевих кришок підшипникових вузлів	$d_{mc} = 0,5d_{cm} \geq 6$
17	Товщина фланця корпусу (у площині з'єднання корпусу)	$s = 1,5d_{cm}$
18	Товщина фланця кришки (у площині з'єднання корпусу)	$s_1 = 1,3d_{cm}$
19	Товщина лап корпусу	$\delta_x = 1,5d_\phi$
20	Ширина лап корпусу	$K = 4d_\phi$
21	Ширина фланця у площині з'єднання корпусу	$K_1 = 3d_{cm}$
22	Ширина (виліт) бобишки	$K_2 = 3,5d_{cm}$
23	Відстань від твірної циліндричної розточки корпусу для підшипникового вузла до осей стяжних болтів півбобишок	$l_{c\phi} = 1,2d_{cm}$
24	Діаметр рим-болта залежно від маси редуктора	$d_{p\phi}$
* T_{2p} – крутний момент на тихохідному валу редуктора, Н·мм; ** d_n – діаметр підшипника; *** a – міжосьова відстань.		

Приклади конструкцій редукторів 3D представлені у табл. 6.2.

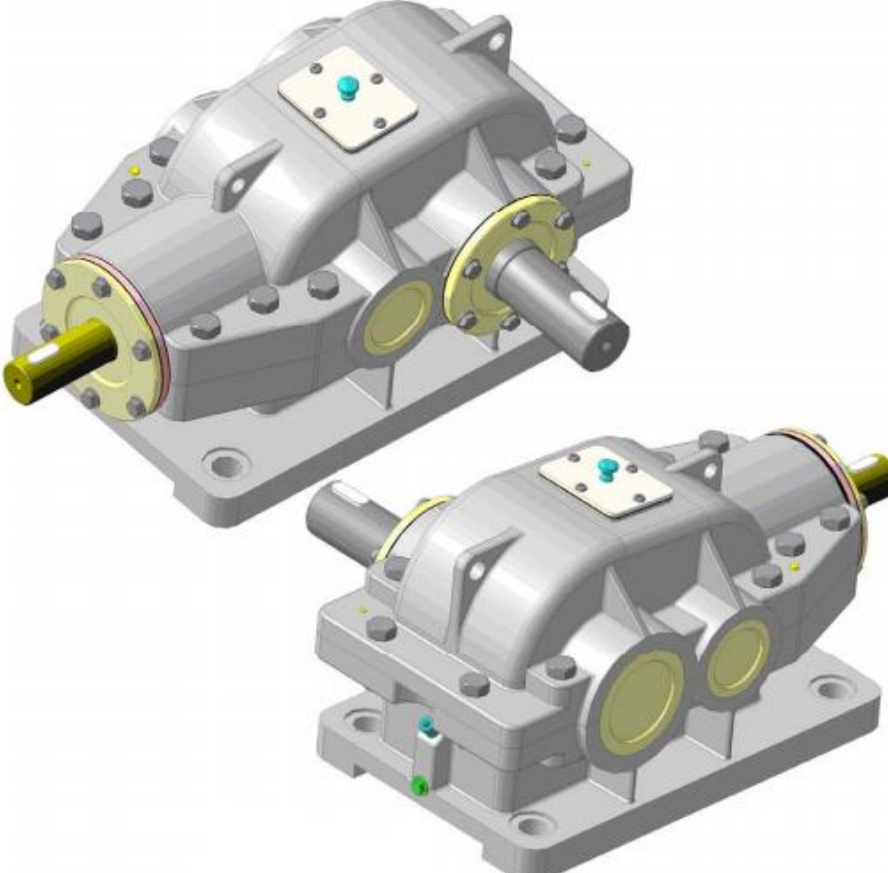
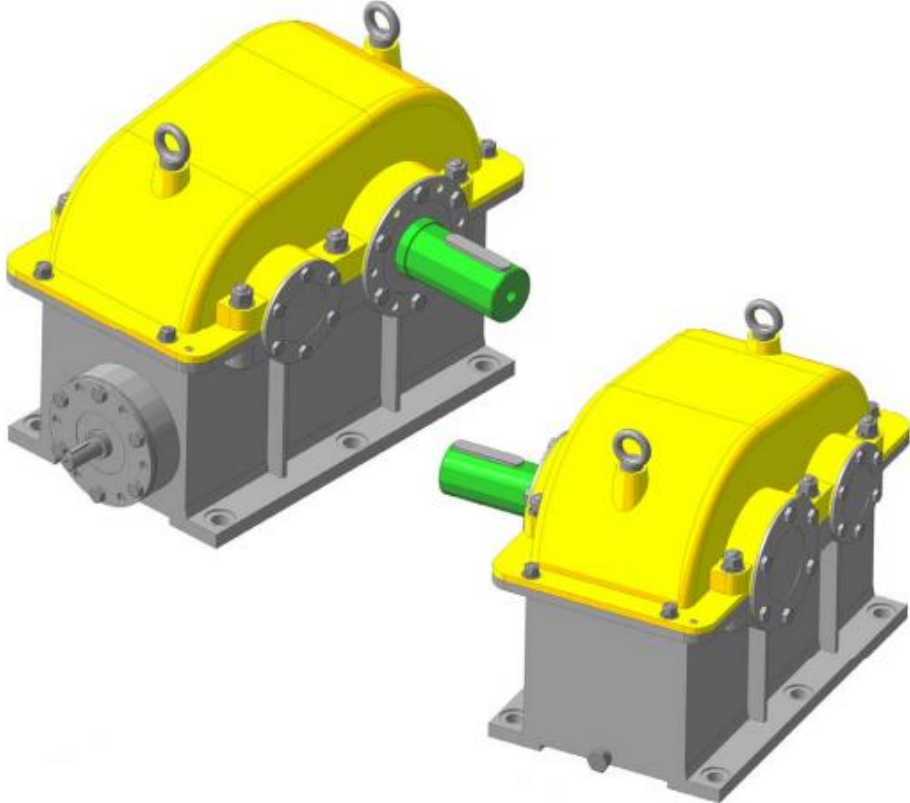
Викладач повинен нагадати студентам правила проекційного зв'язку й показати на стенді виконані креслення передаточного механізму.

Другий аркуш (інші проекції передаточного механізму), можна виконувати в будь-якому стандартному масштабі. Однак, бажано виконати обидві проекції редуктора, в одному масштабі, дотримуючи проекційних зв'язків (див. рис. 6.1). Крім основних проекцій виконуються додаткові перетини по зливній пробці, кришці-віддушину, мастиловказівнику, штифтам і болтам, які стягають кришку й корпус передаточного механізму.

Таблиця 6.2 – Приклади конструкцій редукторів 3D

Редуктор двоступінчастий циліндричний горизонтальний	Редуктор двоступінчастий циліндричний вертикальний
	

Продовження табл. 6.2

Конічно-циліндричний редуктор	Черв'ячно-циліндричний редуктор
 <p>Two 3D CAD models of a grey conical-cylindrical gearbox. The top model shows a side view with a yellow output shaft and a grey input shaft. The bottom model shows a front view with two yellow circular ports on the side and a grey input shaft.</p>	 <p>Two 3D CAD models of a yellow worm-cylindrical gearbox. The top model shows a side view with a green output shaft and a grey input shaft. The bottom model shows a front view with a green output shaft and a grey input shaft.</p>

Приступаючи до креслення 2 листа треба визначитися зі способом змащення зубчастих коліс і підшипників. Найчастіше для редукторів застосовується рідке мастило, яке заливають в нижню частину корпусу і в яке занурюють зубчасті колеса. При зануренні коліс змащення розприскується й змазує підшипники.

Пророблення 2 листа рекомендується виконувати в наступній послідовності:

1. Визначитися з масштабом креслення.

Як ми вже відзначали, бажано обидві проекції виконувати в одному масштабі, дотримуючись проекційних зв'язків (див. рис. 6.1).

2. У лівій половині листа посередині провести горизонтальну лінію, що буде лінією роз'єму редуктора.

3. На цій лінії відкласти довжину редуктора. Якщо всі проекції не вміщуються на листі, то застосовується масштаб зменшення.

4. На горизонтальній лінії відкласти міжосьові відстані й через ці точки провести вертикальні осі.

5. Провести ділильні кола зубчастих коліс.

6. Відкласти відстань від площини роз'єму редуктора до його підшви – параметр H_1 (див. рис. 6.1).

На величину H_1 істотний вплив може зробити необхідний об'єм масла, особливо для одноступінчастих редукторів.

Обсяг масла повинен бути достатній для відводу тепла. Для одноступінчастих редукторів його можна розрахувати по формулі [1, с. 52]:

$$V = (0,35 \dots 0,7) \times P_{номр},$$

де $P_{номр}$ – споживана потужність, яку визначили при виборі електродвигуна, кВт. Обсяг мастила вимірюється в літрах.

Після цього потрібно розрахувати необхідну висоту заливання мастила H_m , з умови відводу тепла.

$$H_m = \frac{V \times 10^6}{B \times A},$$

де B – ширина внутрішньої частини корпусу, мм;

A – довжина внутрішньої частини корпусу, мм.

Ці величини вимірюються по кресленню як показано на рис. 6.3.

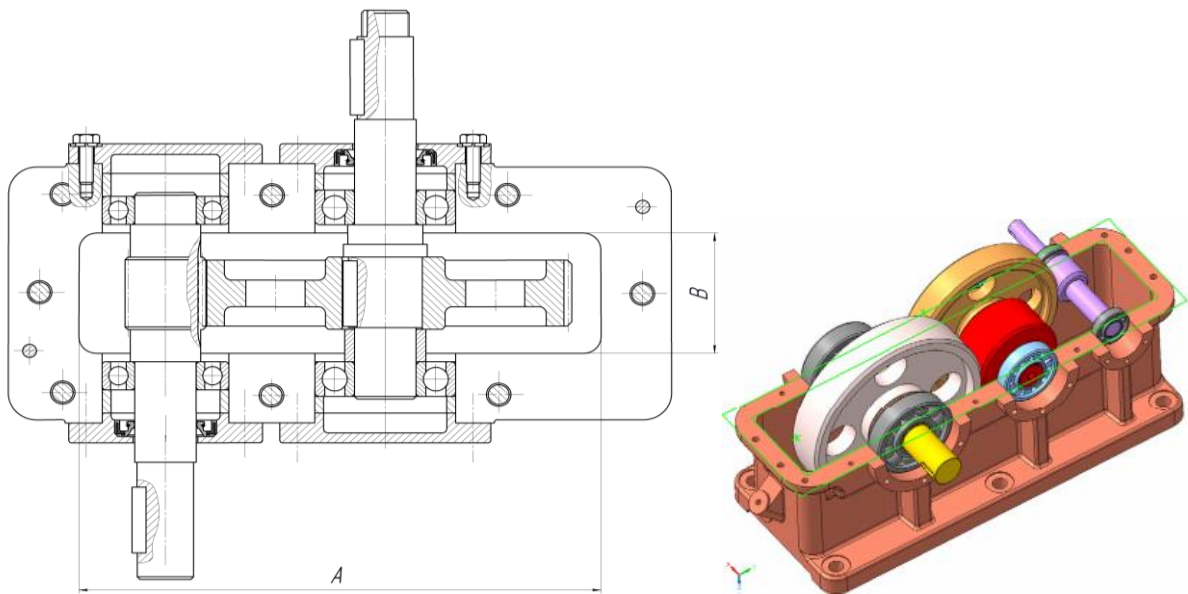


Рисунок 6.3 – Розміри внутрішньої частини корпусу

Із рис. 6.4 видно, що глибину занурення колеса в мастило H можна визначити

$$H = H_M - H_K,$$

де H_K – відстань від поверхні вершин зубчастого колеса до дна ванни, цю величину можна призначати в межах [1, с. 53]:

$$2\delta \leq H_K \leq (5 \dots 10)m,$$

де δ – товщина стінки корпусу, мм;

m – модуль зачеплення зубчастих коліс, мм;

H – глибина занурення зубчастого колеса в мастило, мм.

Величина H повинна перебувати в межах [1, с. 53]:

$$2 \cdot m \leq H \leq \frac{1}{6} d_{a2}.$$

Після призначення величин H_K і H розрахувати обсяг мастила по формулі:

$$V_m = (H + H_K) \times B \times A = H_M \times B \times A.$$

Якщо виявиться, що $V_m > V$, необхідно збільшити відстань від колеса до дна редуктора H_K .

Затвердивши остаточно всі величини, визначають відстань від лінії роз'єму редуктора до його підосви.

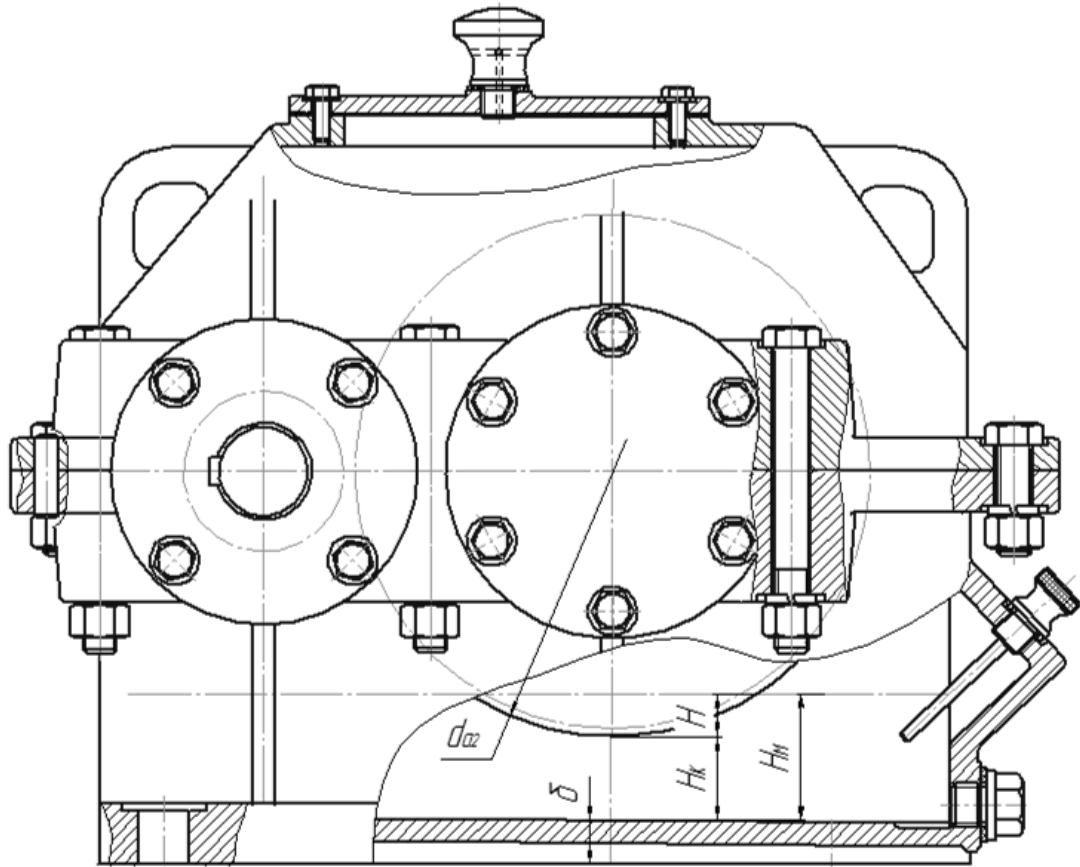


Рисунок 6.4 – Схема змащення зубчастого колеса зануренням у мастило

Принцип призначення сорту мастила наступний: чим вище колова швидкість колеса, тим менше повинна бути в'язкість мастила й чим вище контактні напруження в зачепленні, тим більшу в'язкість повинне мати мастило. Тому необхідну в'язкість масла визначають залежно від величини контактних напружень й колової швидкості коліс [4, табл. 11.1]. По [4, табл. 11.2] вибирають марку мастила для змащування зубчастих і черв'ячних передач (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рекомендовані сорти мастил

Передача	Контактні напруження $\sigma_H, \text{МПа}$	Колова швидкість зубчастих коліс $V, \text{м/с}$ Швидкість ковзання черв'ячних передач $V_s, \text{м/с}$		
		до 2	2...5	більше 5
Зубчаста	До 600	И-Г-А-68	И-Г-А-46	И-Г-А-32
	600...1000	И-Г-С-100	И-Г-С-68	И-Г-С-46
	Більше 1000	И-Г-С-150	И-Г-С-100	И-Г-С-68
Черв'ячна	До 200	И-Т-Д-220	И-Т-Д-100	И-Т-Д-68
	200...250	И-Т-Д-460	И-Т-Д-220	И-Т-Д-100
	Більше 250	И-Т-Д-680	И-Т-Д-460	И-Т-Д-220

Позначення індустріальних мастил складається із чотирьох знаків, кожний з яких позначає: перший («И») – індустріальне, другий – приналежність до групи по призначенню: «Г» – для гідравлічних систем, «Т» – для важконавантажених вузлів, третій – приналежність до групи по експлуатаційним властивостям («А» – мастило без присадок, «С» – мастило з антиокисними, антикорозійними й антизносами присадками, «Д» – мастило з антиокисними, антикорозійними, протизносами й протизадирними присадками), четвертий – число, яке означає клас кінематичної в'язкості.

Із пластичних матеріалів для змащення найбільше застосовують ЦІАТІМ-201, Літол-24 [4, табл. 24.46].

При виконанні 2 листа основна увага приділяється конструюванню корпусу редуктора. У літературі найдетальнішим чином описані принципи конструювання литих корпусів і наведені рекомендації з визначення розмірів елементів корпусу [2, с. 210; 3, с. 136; 4, с. 257].

Зварені корпуси знаходять усе більше широке застосування не тільки в індивідуальному виробництві, але й у масовому.

Для виготовлення зварених корпусних деталей використовується прокат (лист, смуга, прутки круглого перетину й ін.). Для виготовлення великих корпусних деталей крім прокату застосовують поковки, штамповки й виливки. Якщо стінка звареного корпусу або кришки $\delta > 25\text{мм}$ ці деталі піддаються термічній обробці (відпалювання при температурі $T = (600...650)^{\circ}\text{C}$) для зняття напружень. Потім проводять механічну обробку площин і отворів.

Індивідуальна консультація

У процесі індивідуальної консультації необхідно переглянути весь наявний у студентів матеріал по курсовому проектуванню. Звернути особливу увагу на розрахунки валів і підшипників. Тим студентам, у яких виконані перевірочні розрахунки валів і підшипників і не потрібна конструктивна переробка, можна дати дозвіл переносити 1-й лист до графічного редактора.

Завдання на наступне заняття

1. Повністю виконані перевірочні розрахунки валів.
2. 1-й лист перенесений до графічного редактора.
3. Почато пророблення 2-го листа на міліметровці.

7 ОФОРМЛЕННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

Ціль: ознайомити студентів із правилами оформлення складальних креслень редуктора й коробки передач.

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2–е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2–е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7–е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

4. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : учебное пособие для студентов технических специальностей / сост.: Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

5. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

6. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Наочні прилади

1. Зразки креслень загального виду редуктора або коробки передач.

Організаційна частина

Переклик..... 3 хв.

Групова консультація (теоретичний матеріал) 25 хв.

Індивідуальна консультація 55 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Необхідний теоретичний матеріал представлений в [1, с. 58; 2, с. 280; 3, с. 402; 4, розділ 1.4].

Можна групову консультацію проводити перед стендом у залі курсового проектування, але обов'язково треба використовувати наочні

приладдя у вигляді зразків креслень загального виду редуктора або коробки передач. Це буде сприяти кращому розумінню матеріалу.

Всі конструкторські документи (графічні і текстові) повинні бути виконані на аркушах установленого формату. Формати аркушів визначаються розмірами зовнішньої рамки, виконаною тонкою лінією. Позначення та розміри основних форматів повинні відповідати значенням з табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Позначення та розміри основних форматів

Позначення	Розмір, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

Основний напис розташовують у правому нижньому куті конструкторського документа по лінії рамки.

Складальне креслення редуктора або коробки передач повинне містити зображення всіх деталей, що входять у ці вироби. Це креслення повинне давати інформацію про послідовність і порядок складання, а також встановлювати порядок контролю розмірів. Крім зображень на кресленні повинні бути: розміри, граничні відхилення й інші параметри й вимоги, які повинні бути виконані або проконтрольовані по даному складальному кресленню; номери позицій складових частин, що входять до складу редуктора або коробки передач; текстова частина; основний напис.

Відповідно до вимог стандартів на складальному кресленні необхідно проставляти наступні обов'язкові розміри: габаритні, настановні й приєднувальні, посадкові, виконавчі й довідкові [4, с. 8]:

– *габаритні* розміри визначають максимальну висоту, ширину, довжину передаточного механізму. Вони необхідні для визначення розмірів місця установки виробу, виготовлення тари, транспортування й т.п. На рис. 7.1 показаний приклад проставляння зовнішніх розмірів редуктора, до яких відносяться габаритні й настановні розміри;

– *настановні й приєднувальні* розміри служать для прив'язки редуктора до двигуна, до веденого агрегату, до опорної конструкції (наприклад, діаметри кінців вхідного й вихідного валів, координати їхніх торців, розміри підшви, діаметри й координати отворів у підшві).

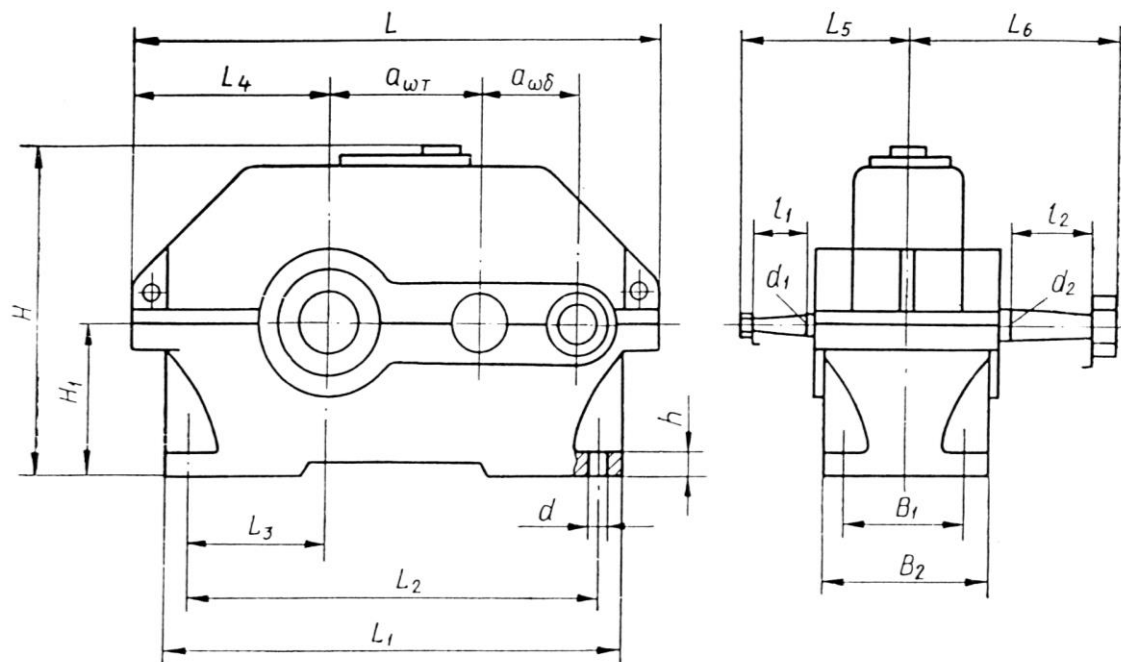


Рисунок 7.1 – Основні розміри зовнішнього вигляду редуктора

До приєднувальних розмірів відносять також основні розрахункові параметри передач: міжосьові відстані; дільні діаметри кінцевих коліс; числа зубців і модуль; кут нахилу зубців; ширину зубчастого вінця колеса; крок і число зубців зірочок ланцюгової передачі;

– *посадкові* розміри визначають характер сполучення валів, зубчастих коліс, шківів, зірочок і т.д. Ці розміри проставляються із вказівкою діаметра й посадки. Наприклад, діаметри й посадки на валах зубчастих і черв'ячних коліс. Посадкові розміри використовують при розробці робочих креслень деталей, для довідок при розробці технології складання й т.п. Можна порекомендувати, при призначенні посадок керуватися аналогом [1, с.61];

– *виконавчі (складальні)* розміри, пов'язані з виконанням яких-небудь технологічних операцій у процесі складання, а також вони обумовлюють умови обробки та регулювання виробу. Наприклад, розміри отворів під штифти, якщо їх виконують у процесі складання; розміри зазорів між підшипниками й упорними торцями підшипникових кришок, якщо їх контролюють при складанні з метою гарантії підшипників від защемлення, і т.п.;

– *розрахункові й довідкові* розміри характеризують основні силові й експлуатаційні показники виробу. Наприклад, міжосьова відстань, крайні положення рухомих частин (рукояток керування в коробці передач), найбільший і найменший рівень мастила й т.д.

До довідкових розмірів відносять розміри, які не підлягають виконанню по даному кресленню, але їх вказують для зручності

користування кресленням. Такі розміри відзначають знаком – * і в технічних умовах записують – * *Розміри для довідок*. У тих випадках, коли на кресленні всі розміри довідкові, їх знаком * не відмічають, а в технічних вимогах записують – * *Розміри для довідок* [2, с. 269–273].

Додатково на складальному кресленні можуть проставлятися розміри, які утворюють розмірні ланцюги уздовж валів передаточного механізму [3, с. 405].

При постановці розмірів на кресленні загального виду дуже корисно використовувати аналог, який студент підібрав собі на початку курсового проектування. Рекомендується проставляння розмірів на одному кресленні без перерви. Це дозволить уникнути помилок і відповідно додаткових витрат часу.

На складальному кресленні показують номери позицій складальних одиниць і деталей. Номери позицій вказують на основних видах і їхніх розрізах. Номери позицій ставлять на полках, розташованих паралельно основному надпису креслення. Полки з номерами позицій рекомендується групувати в колонку або рядок по можливості на одній лінії, але обов'язково поза полем креслення. Полки мають лінії-виноски, які не повинні самі перетинатися, не повинні бути паралельні лініям штрихування й не повинні по можливості перетинати розмірні лінії. Номери позицій наносять, як правило, один раз, але при необхідності можна повторно вказувати номер позиції однакових складових частин.

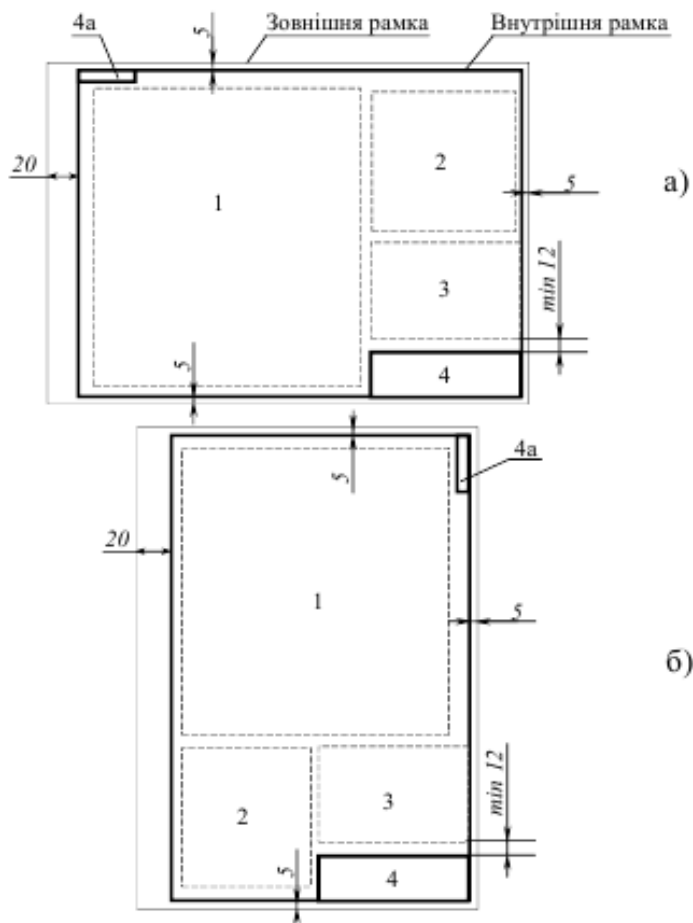
Допускається робити загальну лінію-виноску з вертикальним або горизонтальним розташуванням позицій. Така загальна лінія-виноска застосовується для групи кріпильних виробів, що ставляться до одного місця кріплення [2, с. 268–273] або для групи деталей із чітко вираженим взаємозв'язком, що виключає різне розуміння, і коли на кресленні неможливо підвести лінію-виноску до кожної складової частини. У цьому випадку лінію-виноску відводять від зображення складової частини, чий номер позиції вказується першим [2, рис. 13.5; рис. 13.6; 3, рис. 23.12].

Розмір шрифту номерів позицій повинен бути на один два номери більше шрифту розмірних чисел на тому ж кресленні.

Текстова частина необхідна для кращого розуміння конструкції виробу, взаємозв'язку його складових частин і принципу роботи. Текстову частину поміщають на вільному полі креслення. Текст може бути розміщений у вигляді однієї або декількох колонок, ширина яких повинна бути не більше 180...185 мм. Розташовується текст паралельно основного

напису креслення. У роботах [3, с. 403; 4, с. 10] докладно показаний зміст текстової частини складального креслення редуктора.

Стандарти установлюють форму й зміст основного запису на кресленнях. Для всіх видів креслень (складальних, деталей та ін.) передбачається основний напис однакової форми, що розміщують у правому нижньому куті креслення (рис. 7.2).



1 – поле для виконання креслень, схем, таблиць, діаграм; 2 – поле для даних про технічні характеристики (параметри об'єкту та ін.); 3 – поле для надпису технічних вимог і переліку елементів; 4 та 4а – поле для основного надпису

Рисунок 7.2 – Структура розміщення інформації на листах формату більших за А4 при розташуванні основного надпису: а – уздовж довгої сторони листа; б) – уздовж короткої сторони листа

Креслення можуть розміщатися на одному або на декількох форматах.

У графах основного напису вказують:

графу 1 – найменування виробу в називному відмінку (наприклад, привод до вентилятора або редуктор циліндричний; на кресленні деталей – найменування деталі: вал, колесо зубчасте й т.п.);

граф 2 – позначення документа (креслення привода, редуктора, коробки передач; на кресленнях деталей – вала, колеса зубчастого й ін.);

граф 3 – позначення матеріалу деталі (заповнюють тільки на кресленнях деталей – записують позначення й номер стандарту матеріалу);

граф 6 – масштаб (1:1; 1:2; 2:1 і т.д.);

граф 7 – порядковий номер листа (на документах, що складаються з одного листа, графу не заповнюють);

граф 8 – загальна кількість листів документа, позначення якого вказане в графі 2 (графу заповнюють тільки на першому листі);

граф 9 – скорочене позначення організації, що випустила креслення. Для курсового проекту – ДДМА;

граф 10 – характер роботи, що виконується особою що підписує документ;

у рядку «Розроб.» пишеться прізвище студента, його підпис і дата; у рядку «Перев.» – прізвище керівника проекту, його підпис і дата; інші рядки залишають вільними (графи 11,12,13);

Індивідуальна консультація

У ході індивідуальної консультації викладач перевіряє креслення студентів. Указуючи на помилки, потрібно пояснювати, чому прийняте студентом рішення є невірним.

Завдання на наступне заняття

1. Проставити розміри на кресленнях.
2. Виносити позиції для специфікації.
3. Закінчити перевірені розрахунки валів і підшипників.

8 ЗАГАЛЬНИЙ ВИД ПРИВОДУ

Ціль: ознайомити студентів із правилами виконання загального виду привода.

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

5. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : учебное пособие для студентов технических специальностей / сост.: Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

6. Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для вузов / К. П. Жуков [и др.]. – М. : Высшая школа, 1978. – 247 с.

7. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

8. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Переклик..... 3 хв.

Групова консультація (теоретичний матеріал) 25 хв.

Індивідуальна консультація 55 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Групова консультація

Необхідний теоретичний матеріал представлений в [3, с. 4–13; 4, с. 407–409; 5, с. 13; 6, с. 223–240].

Креслення загального виду привода (має в позначенні код ВО) – документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодія його складових частин і принцип, що пояснює, роботи виробу.

При курсовому проектуванні креслення загального виду містить у собі елементи «Теоретичного креслення», «Габаритного креслення» і «Монтажного креслення».

«Теоретичне креслення» визначає геометричну форму виробу й координати розташування складових частин.

«Габаритне креслення» містить спрощене зображення виробу з габаритними, настановними й приєднувальними розмірами.

«Монтажне креслення» містить дані для установки виробу на місці застосування.

Виконане у такий спосіб креслення загального виду несе повну інформацію про весь виріб у цілому, тобто про проєктований привод, його експлуатаційні характеристики, основні розміри, взаємні зв'язки окремих складальних одиниць і деталей, про приєднувальні поверхні і їхні розміри.

Креслення загального виду дається в трьох проєкціях на аркуші формату А1 в масштабі зменшення. За основну проєкцію приймають найбільш характерний вид виробу або вид з боку органів керування. Креслення повинне бути чітким, не захаращеним дрібними деталями й елементами вузлів – складальні одиниці й деталі зображують на кресленні спрощено. Болти й гайки показують осьовими лініями, крім тих, котрими окремі вузли кріплять до плити (рами), а плиту (раму) – до підлоги у цеху або до окремого фундаменту. Тому що звичайно всі болти для кріплення плити (рами) до підлоги цеху однакові, викреслюють тільки один фундаментний болт, а положення інших показують осьовими лініями. Так само зображують і болти для кріплення складальних одиниць до плити (рам) привода.

При кресленні загального виду привода перевіряють збирання виробу зі складальних одиниць. Тому важливо точно зображувати приєднувальні місця кожної складальної одиниці, наприклад місця кріплення електродвигуна й редуктора до плити (рами). Якщо при кресленні таких приєднувальних місць виявиться, що вони перекривають один одного, це значить, що розміри координуючої деталі, зокрема рами (плити), визначені невірно, і їх треба виправити.

Збирання конструкції перевіряють не тільки по приєднувальних місцях, але також і по можливості взаємного розміщення складальних

одиниць. Тому важливо правильно зображувати весь контур складальних одиниць і особливо в тих місцях, де можна побоюватися взаємного накладення контурів. Наприклад, при великому діаметрі сполучної муфти можливе накладення її й рами по висоті. У цьому випадку конструкцію рами необхідно змінити. У навчальному посібнику [5, с. 22–38] докладно розповідається про розробку креслення загального виду привода.

Креслення загального виду привода повинне містити:

1. Зображення складальних одиниць привода;
2. Зображення фундаменту з фундаментними болтами, якими кріпиться привод;
3. Габаритні розміри (довжина L , ширина B , висота привода H);
4. Приєднувальні й монтажні розміри (розміри опорних поверхонь, діаметри й координати кріпильних отворів, зазори між торцями деталей, відстань між осями складальних одиниць);
5. Кожухи й огороження всіх виробів (муфти, шків, зірочки), що обертаються. Допускається показати умовно або відзначити у вимогах монтажу, якщо виконується огороження по місцю;
6. План рами або плити із проставлянням діаметрів і координат кріпильних отворів;
7. План розміщення фундаментних болтів;
8. Кінематичну схему із вказівкою типу двигуна, муфти, модулів і чисел зубів зубчастих коліс, кроку й чисел зубців зірочки;
9. Технічну характеристику привода;
10. Технічні вимоги до точності монтажу виробу.

На вільному полі креслення необхідно розмістити технічні вимоги до точності монтажу й технічну характеристику привода.

Приклад запису технічних вимог до установки привода:

1 Монтаж вузла привода виконати з дотриманням розмірів до осей основної машини з необхідною точністю. По висоті виставити привод на необхідний рівень за допомогою монтажних прокладок.

2 Після установки привода накрутити гайки на фундаментні болти і здійснити підливку бетонним розчином у зазору між дном вузлів привода і фундаментом.

3 Радіальний зсув осей валів двигуна й редуктора – до 0,15 мм. Кутовий переки – до 0,6 мм/100 мм. Осьовий зсув – до 0,1 мм.

4 Регулювання натягу пасів здійснювати за допомогою пересування електродвигуна за допомогою спеціальних механізмів.

Викладач повинен звернути увагу студентів на те, що необхідно погодити технічні вимоги до установки привода зі своїм завданням. Наприклад, якщо в кінематичній схемі відсутня муфта, то пункт 3 не вказується.

Технічна характеристика привода може виконуватися в довільній формі, але бажано притримуватися вигляду табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Техніко-економічні характеристики привода

Показник	Значення
Електродвигун	
Тип	4A132M8
Потужність	5,5кВт
Частота обертання вала	720хв ⁻¹
Частота обертання вихідного вала	115хв ⁻¹
Маса редуктора	108 кг
Габарити редуктора з електродвигуном, мм	1200 × 720 × 430
Спосіб змащення передач і підшипників кочення проміжного й вихідного валів	Зануренням і розбризкуванням
Сорт мастила	И – 20 А ГОСТ 20799 – 88
Об'єм мастила, л	2,5
Спосіб змащення підшипників кочення вхідного вала	Пластичним мастилом
Сорт мастила	ЦИАТИМ–221 ГОСТ 9433–80
Періодичність зміни змащення	6 місяців
Термін служби редуктора, год	14000

На рис. 9.1-9.3 наведені приклади оформлення креслень привода на фундаменті, на литій плиті і на звареній рамі.

Деякі відомості про конструювання настановних плит і рам.

При монтажі приводів, що складаються з електродвигуна й редуктора (коробки передач), повинні бути витримані певні вимоги точності відносного положення вузлів. Для цього вузли привода встановлюють на литих плитах (рис. 9.4,а) або зварених рамах (рис. 9.4,б).

Плитю називають литу опорну конструкцію, рамою – зварну опорну конструкцію.

При *одиночному виробництві* економічно вигідніше застосовувати рами, зварені з елементів сортового прокату: швелерів, кутників, смуг і т.д. При *серійному випуску* виробів вигідніше застосовувати плити.

Конфігурацію й розміри плити (рами) у плані: L (довжину) і B (ширину) – визначають по накресленому контуру привода. Висота – $H = (0,08...0,10)L$.

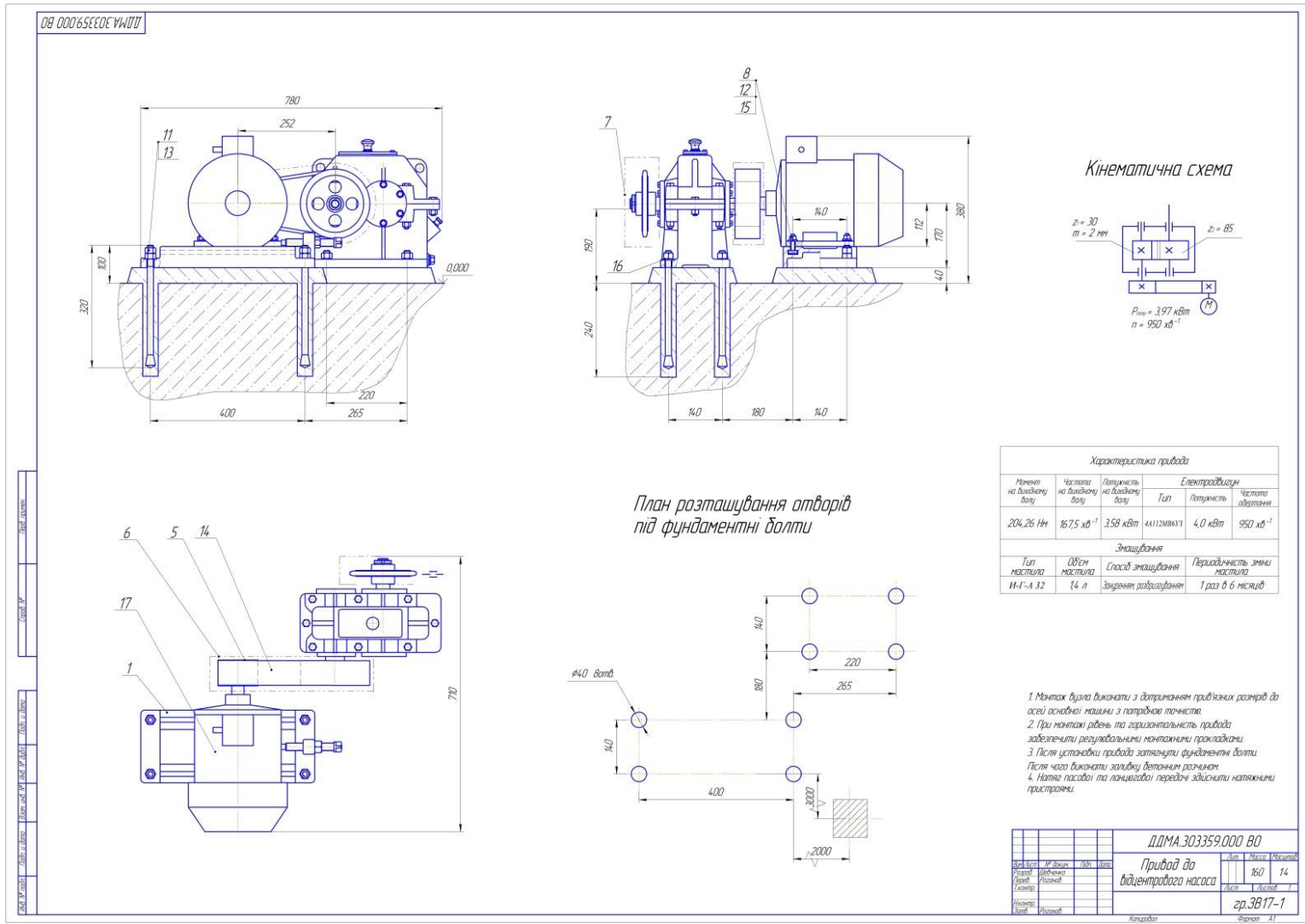


Рисунок 9.1 – Приклад привода на фундаменті

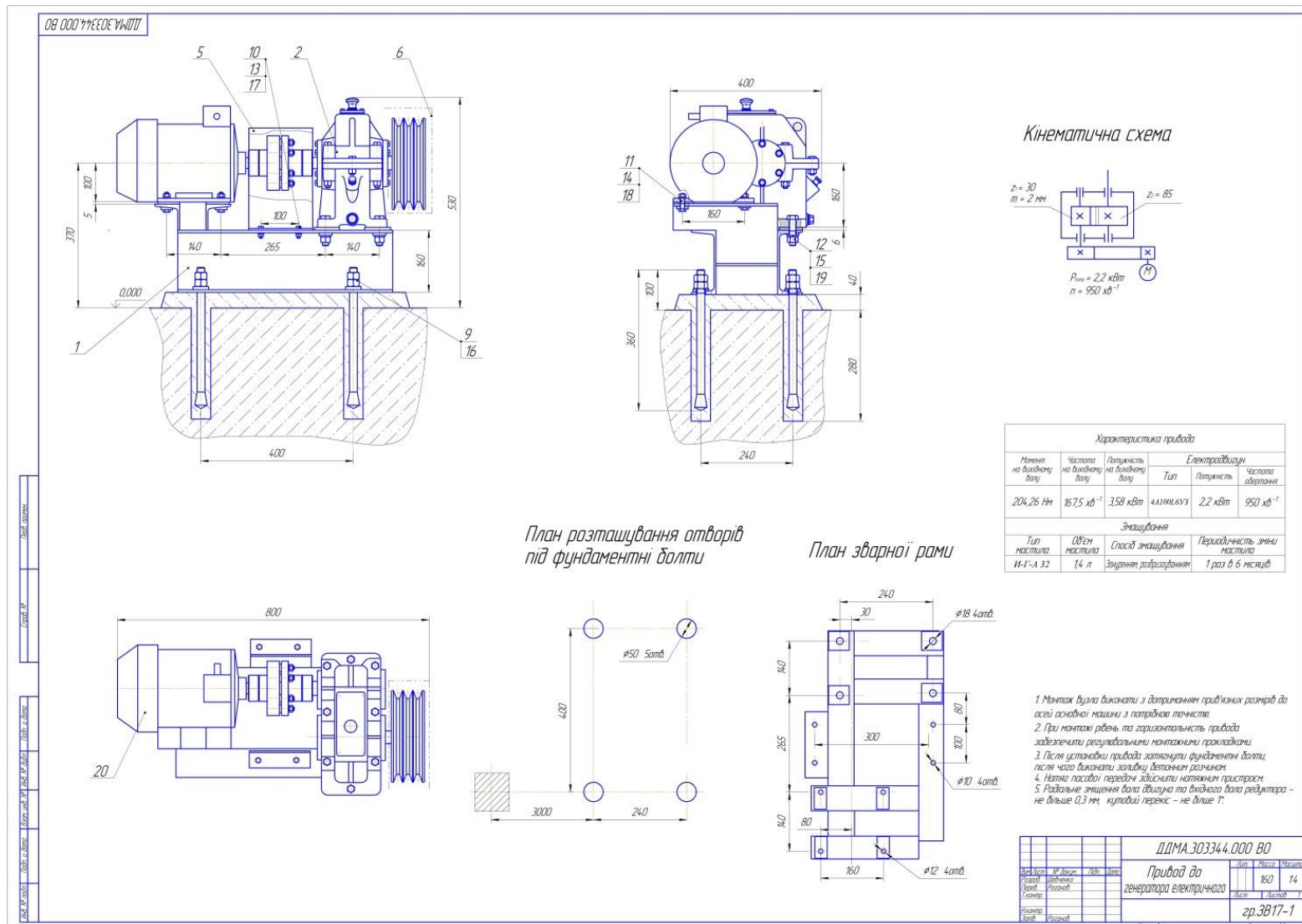


Рисунок 9.2 – Приклад приводу на звареній рамі

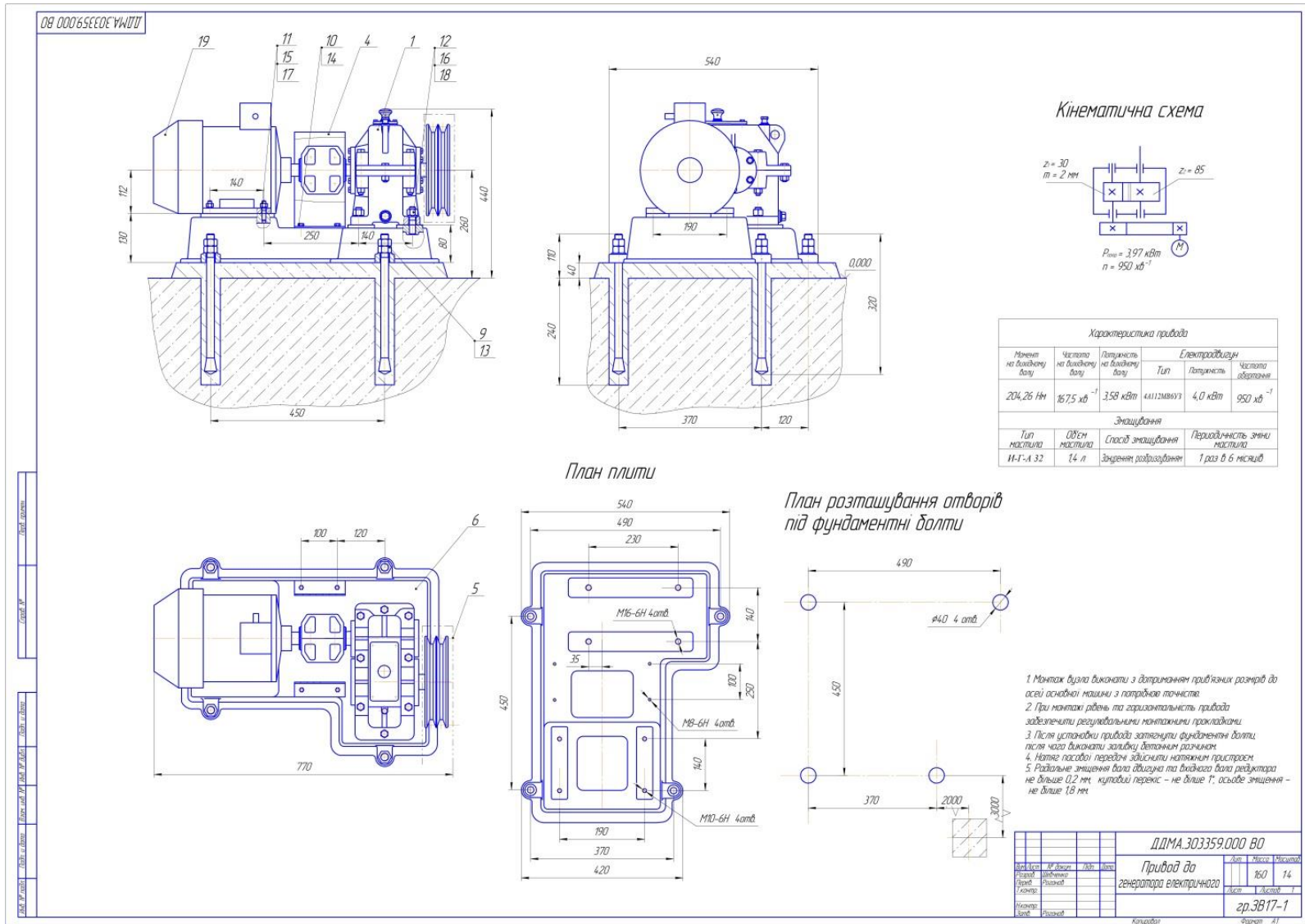
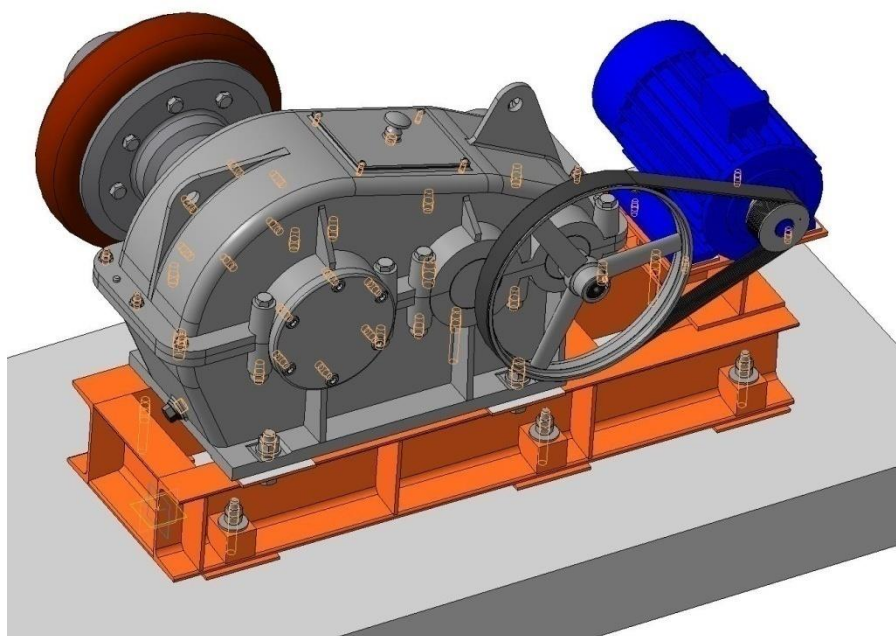


Рисунок 9.3 – Приклад приводу на литій плиті



а



б

Рисунок 9.4 – Приклади конструкції приводів 3D

Знайдені габаритні розміри L, B, H округляють до нормальних лінійних розмірів за стандартом. Для рами по висоті H підбирають найближчий більший розмір швелера та погоджують його з діаметрами фундаментних болтів.

Плити і рами повинні мати необхідну міцність і жорсткість. Фундаментні плити і рами призначені для монтажу на них агрегатів машини і для забезпечення нормального функціонування машини повинні забезпечувати співвісність їх валів, технологічно просту збірку і розбирання машини. Їх міцність і жорсткість забезпечується вибором раціональної

форми і розмірів елементів, застосуванням ребер жорсткості, перегородок, припливів і т.п.

Плити (рис. 9.5)

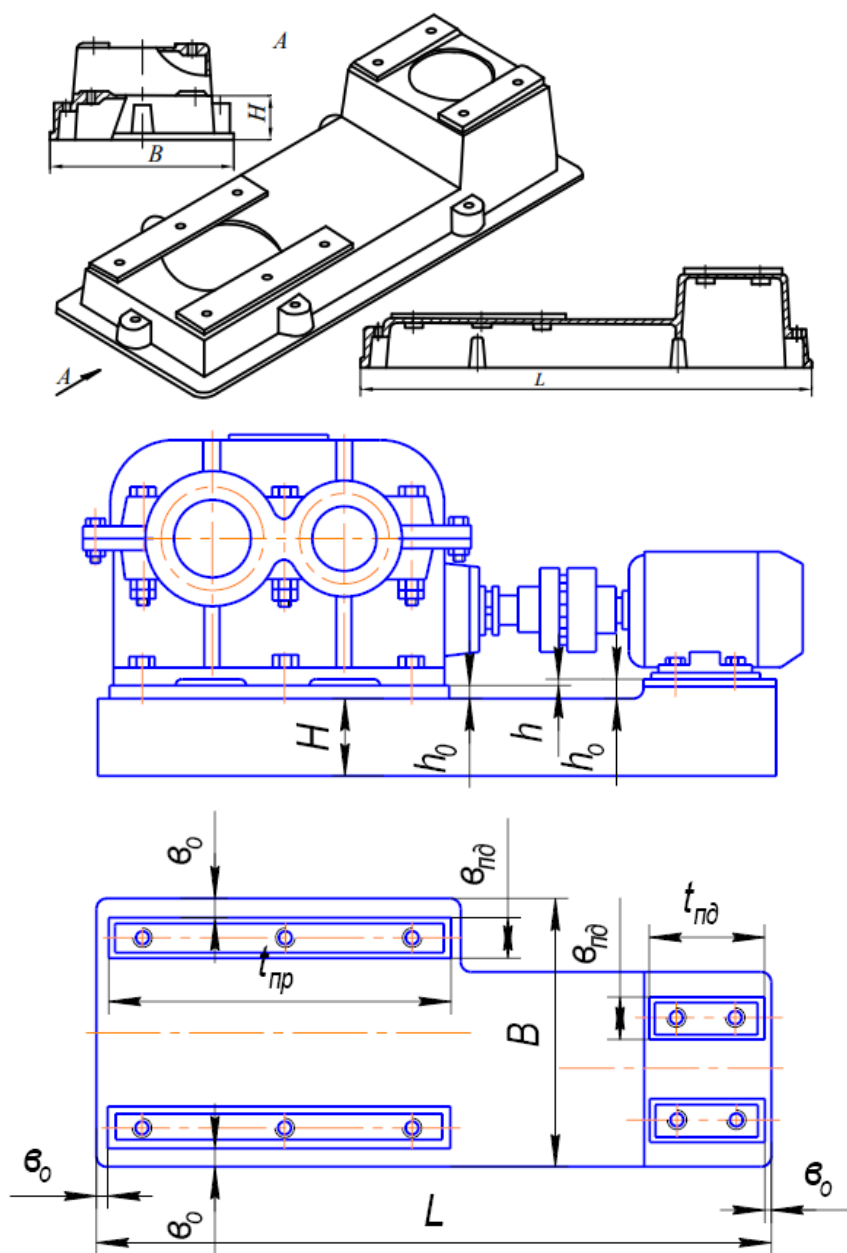


Рисунок 9.5 – Конструкція і розміри литих плит

Висот у плити H вибирають із умови забезпечення достатньої жорсткості на основі досвіду проектування аналогічних конструкцій:

$$H = (0,09 \dots 0,11) \cdot L.$$

Значення L, B, H округлюють до нормальних лінійних розмірів за стандартом. Мінімальна товщина зовнішніх стінок δ визначається зведеними габаритами плити N :

$$N = 0,25(2L + B + H),$$

де L, B, H – розміри плити підставляються до формули у метрах.

При цьому товщина зовнішніх стінок

$$\delta = (10...12)\sqrt{N}$$

повинно бути $\delta \geq 7\text{мм}$.

Товщина внутрішніх стінок, перегородок, ребер

$$\delta_1 = (0,80...0,85)\delta.$$

Висота ребер

$$H_p \leq 5\delta_1.$$

Довжину і ширину опорних пластиків редуктора l_{np}, b_{np} і двигуна l_{nd}, b_{nd} беруть більшими, ніж довжина і ширина опорних поверхонь агрегатів і вузлів привода на величину K вздовж усього контуру. Висоту пластиків h_n вибирають залежно від габаритів плити.

Мінімальна відстань пластиків від зовнішнього краю плити $b_{min} = 8...10\text{мм}$.

Різьбові гнізда в пластиках для закріплення вузлів привода виконують наскрізними, довжина яких дорівнює $2,0...2,5$ діаметра болта.

Опорну поверхню плити вздовж периметра виконують у вигляді фланця шириною $b = (3,5...5,0)\delta$ і товщиною $(1,5...2,0)\delta$. У фланці передбачають отвори під фундаментні болти. У великих горизонтальних поверхнях плит передбачають вікна або отвори для зменшення загальної маси.

Відливки плит відпалюють і піддають механічній обробці: стругають підшову плити і верхні поверхні пластиків, свердлять отвори під кріпильні деталі і т. п.

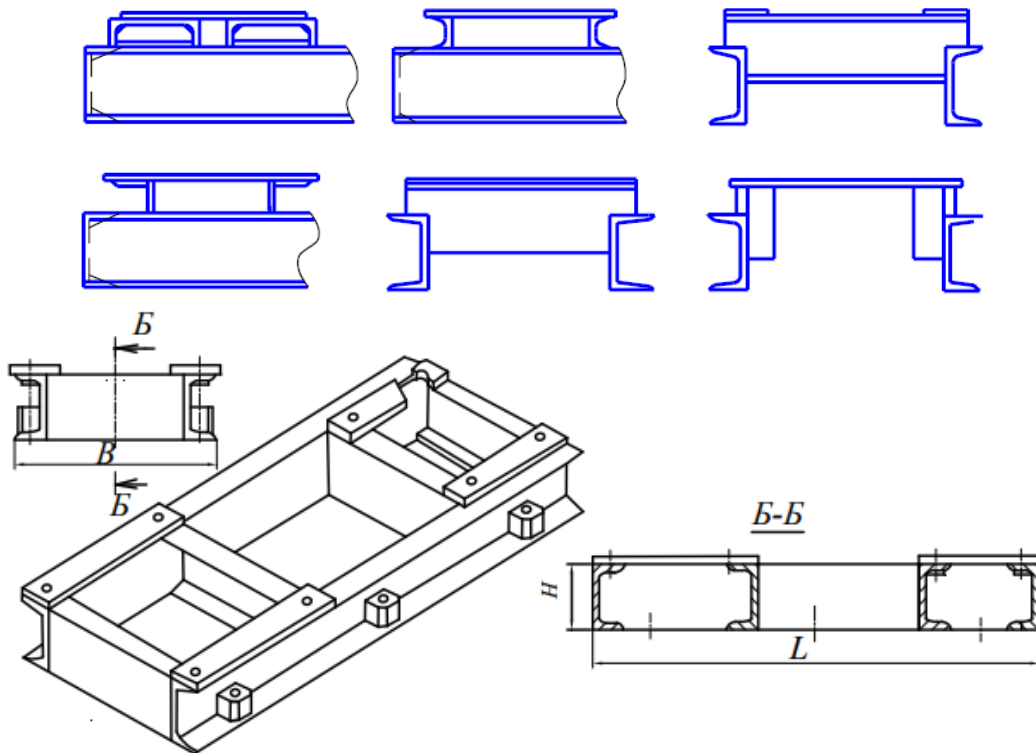
Складальні одиниці привода рекомендується закріплювати до плити болтами або шпильками. Використання болтів спрощує монтаж елементів привода.

Рами (рис. 9.6)

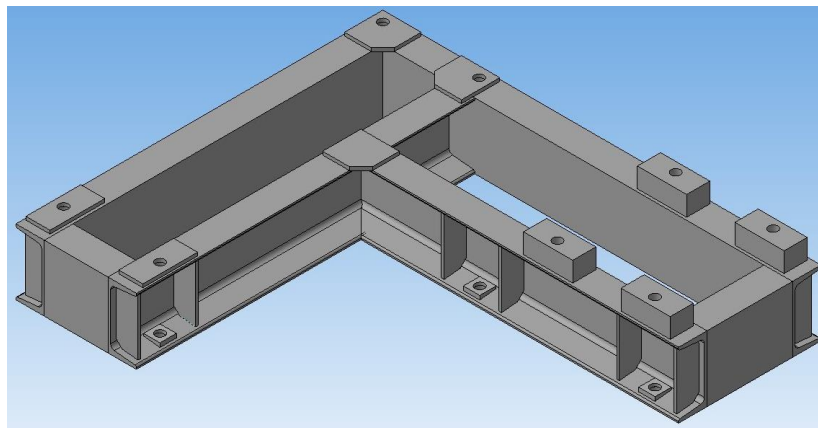
Для виготовлення рам використовують профільний прокат: швелери, кутники, листову сталь. Маса рами при однаковій міцності і жорсткості порівняно з плитою удвічі менша.

Порядок і принципи проектування рам аналогічні наведеному вище порядку для плит. За знайденою висотою рами H із сортаменту прокату підбирають розмір профілю, частіше швелера. Визначають різницю рівнів h між опорними поверхнями вузлів і агрегатів привода. Точна установка агрегатів за висотою забезпечується металевими прокладками, листами необхідної товщини, пластиками. Пластики, на які установлюються елементи

привода, створюються приварюванням вузьких стрічок сталі висотою (5...6)мм . При великому значенні h раму нарощують швелерами, що поставлені на полку або стінку (див. рис. 9.6).



а



б

Рисунок 9.6 – Конструкції зварних рам: із швелерів (а), із кутників (б)

Для зручності монтажу та демонтажу вузлів привода прокатний профіль рами встановлюють полками назовні. Після зварювання раму відпалюють і піддають механічній обробці.

Фундаментні болти пропускають через обидві полки швелера або через одну полку. В останньому випадку уклон полиць вирівнюють приварюванням спеціальних косих шайб або косих накладок. Діаметр

фундаментних болтів d_ϕ і їх кількість n_ϕ залежить від довжини рами L (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 – Діаметр фундаментних болтів d_{ϕ} і їх кількість n_{ϕ}

$L, \text{мм}$	≤ 700	700...1000	1000...1500
$d_{\phi}, \text{мм}$	16...18	20...22	24
$n_{\phi}, \text{мм}$	4	6	8

Розміри спеціальних косих шайб вибираються за даними табл. 9.3, рис. 9.7. Параметри найменшого типорозміру швелера в залежності від прийнятого діаметра болта приведено у табл. 9.4 (рис. 9.8).

Таблиця 9.3 – Розміри косих шайб

Діаметр болта d	Діаметр болта d_1	H_1	H	B
16	17+0,43	5,7	6	30
18	19+0,52	6,2	7	40
20	22+0,52			
22	24+0,52			
24	26+0,52	6,8	9	50

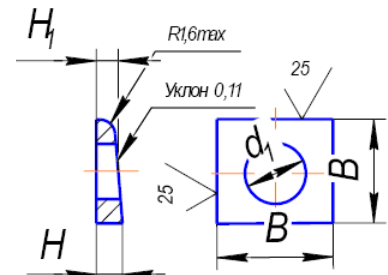


Рисунок 9.7 – Розміри косих шайб

Таблиця 9.4 – Параметри швелерів з нахилом за ГОСТ 8240-72, мм

№ швелера	h	b	S	t	R	r	a
14	140	58	4,9	8,1	8	3	35
16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	40
18	180	70	5,1	8,7	9	3,5	40
20а	200	80	5,2	9,7	9,5	4	50
22а	220	87	5,4	10,2	10	4	50

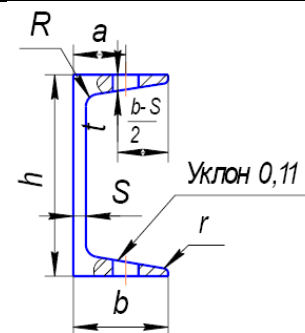
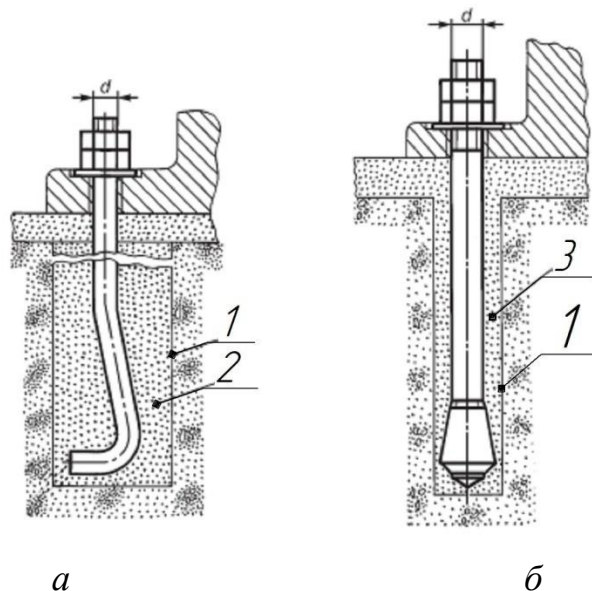


Рисунок 9.8 – Розміри швелерів з нахилом

Привод кріпиться до фундаменту за допомогою фундаментних болтів. При модернізації готового фундаменту, фундаментні болти встановлюють у шпори, просвердлені в підлозі цеху твердосплавним або алмазним інструментом, що вільно перерізує й арматури (рис. 9.9, а). При виготовленні нового фундаменту, болти встановлюють у заздалегідь передбачені колодязі (рис. 9.9, б).

На неопрацьованій бетонній підлозі встаткування встановлюють із підливою розчину цементу під опорну поверхню. Перед підливою устаткування вивіряють на горизонтальність підкладками або клинами.



*1 – колодязь, 2 – бетон на дрібному заповнювачу; 3 – цементний розчин
 а – болт із вигнутим кінцем; б – болт із конічним кінцем*

Рисунок 9.9 – Фундаментні болти

Для загального виду привода складається специфікація. Позиції проставляються на полках ліній-винесень. Принцип проставлення позицій однаковий для всіх складальних креслень. Спочатку складальні одиниці, потім деталі оригінальні, потім стандартні вироби. Позначення креслень здійснюється за єдиним класифікатором.

У загальному випадку привод може містити двигун, муфту (або муфти), редуктор, вузли ланцюгових і пасових передач. Якщо двигун пов'язаний з редуктором пасовою передачею, бажано розташувати на одному рівні опорні поверхні електродвигуна й редуктора. Торці вінців шківів пасової передачі повинні бути розташовані на одному рівні в плані. Для пасової передачі виникає необхідність регулювання натягу пасів. Тут кілька причин:

- у процесі експлуатації пасових передач паси розтягуються. Для компенсації розтягання пасу необхідно збільшити міжосьову відстань передачі;

- у випадку заміни пасів на нові необхідно зменшити міжосьову відстань пасової передачі, легко зняти старі паси й надягти замість нові. Потім відрегулювати натяг пасів, збільшивши знову міжосьову відстань пасової передачі.

У машинах загального призначення звичайно використовують періодичне регулювання натягу пасів (рис. 9.10).

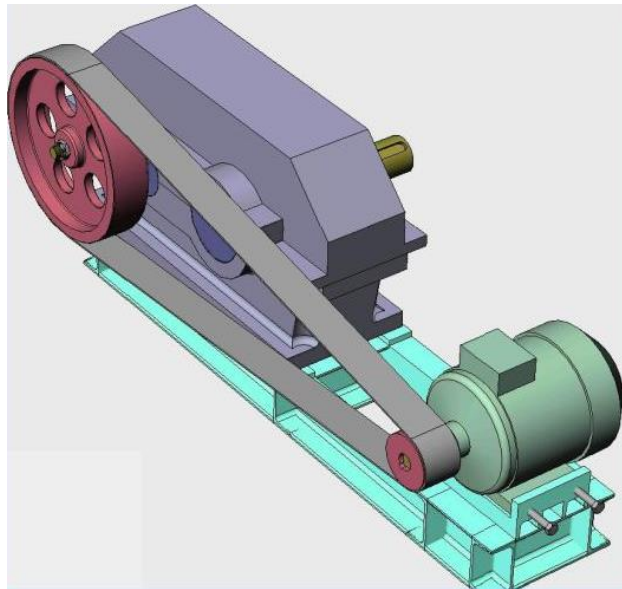


Рисунок 9.10 – Приклад приводу з регулюванням пасів

На рис. 9.11-9.13 показано наступні варіанти натяжних пристроїв:

1. Натяжний пристрій (рис. 9.11), що складається із двох плит - нерухокої плити 1, закріпленої на рамі приводу, і рухомої 2, що переміщається по нерухомій плиті. Електродвигун кріплять до рухомої плити гвинтами 3. Для гвинтів 4 у рухомій плиті виконані пази, у нерухомій плиті – різьбові отвори. Діаметри гвинтів 4 відповідають ширині пазів. Переміщення рухомої плити 2 по нерухомій плиті 1 здійснюється за допомогою гвинтів 5, які штовхають рухому плиту відносно нерухомої.

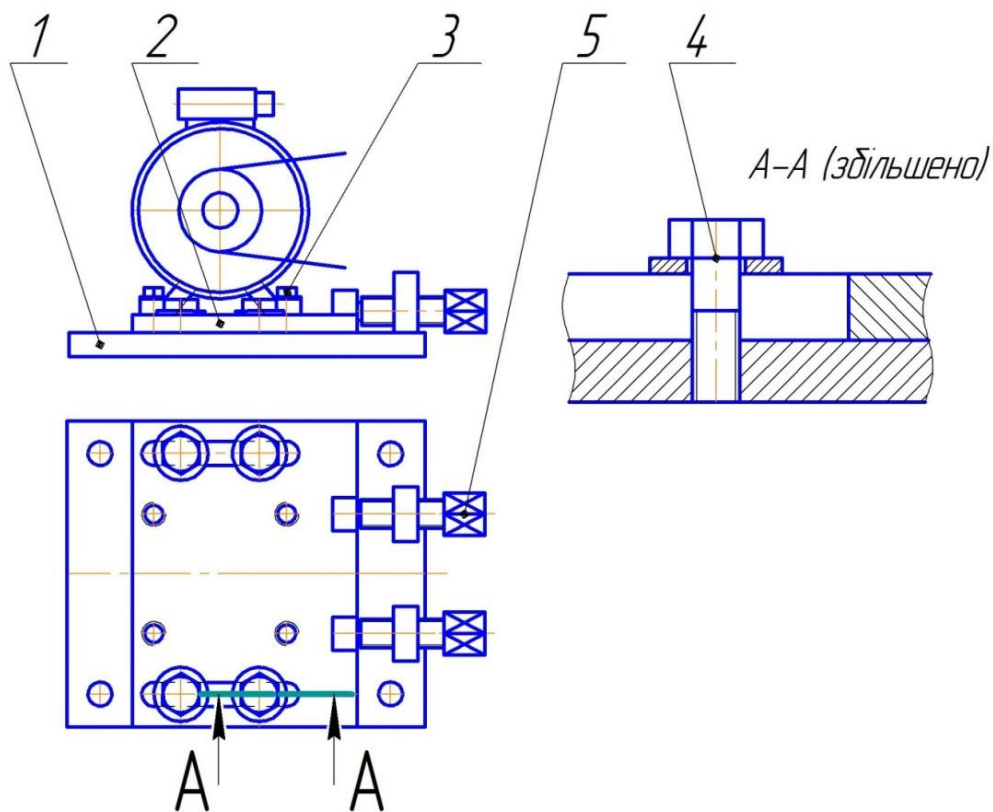


Рисунок 9.11 – Натяжний пристрій

2. Натяжний пристрій (рис. 9.12) працює аналогічно попередньому. Відмінністю від попередньої схеми є переміщення рухомої плити з електродвигуном по нерухомій за допомогою гвинтів 5, які тягнуть.

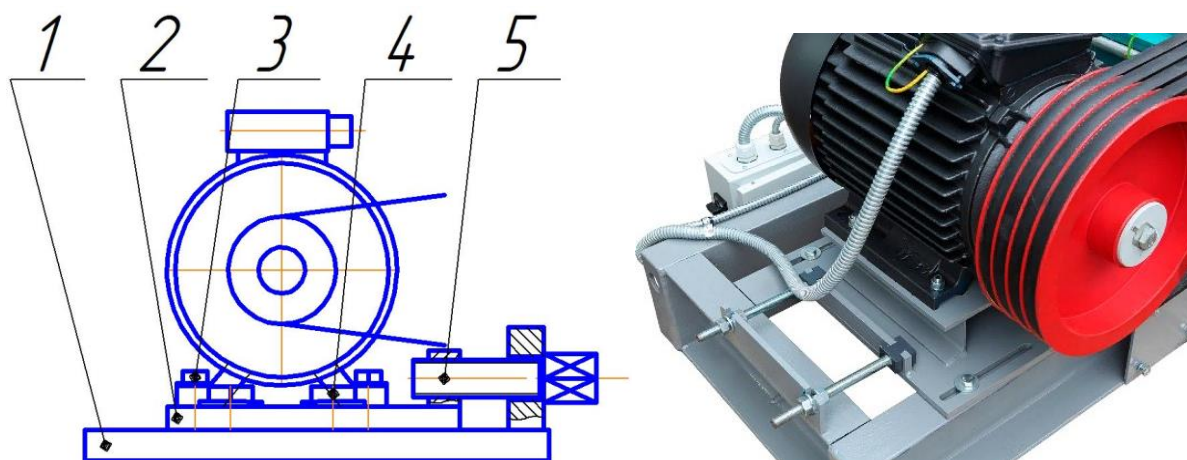


Рисунок 9.12 – Натяжний пристрій

3. У наступному пристрої для натягу ремня електродвигун монтується на рамі (на фундаменті) через спеціальні полозки (рис. 9.13, 9.14).

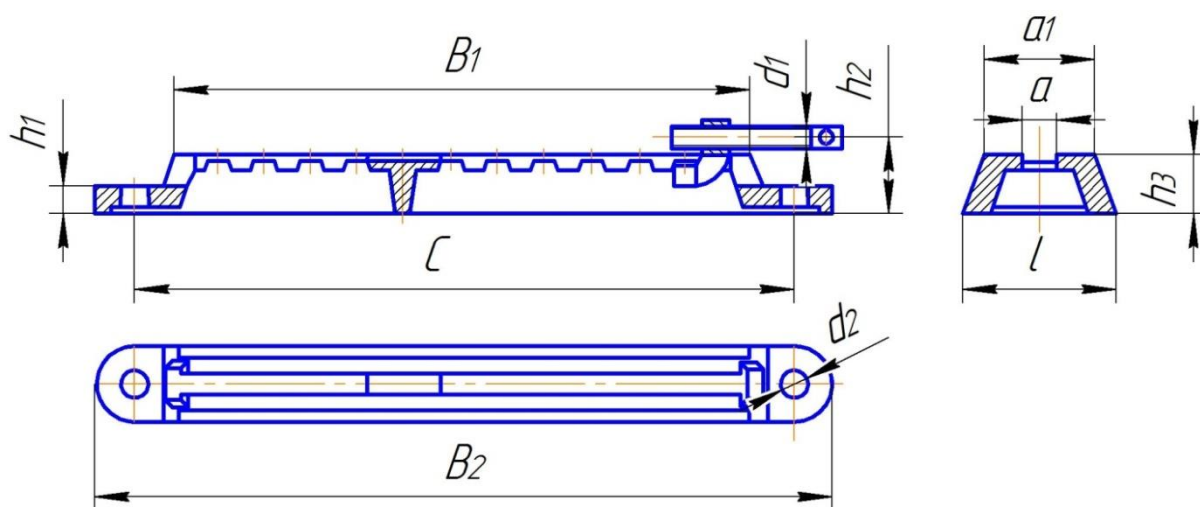


Рисунок 11.13 – Розміри полозок (табл. 9.5)

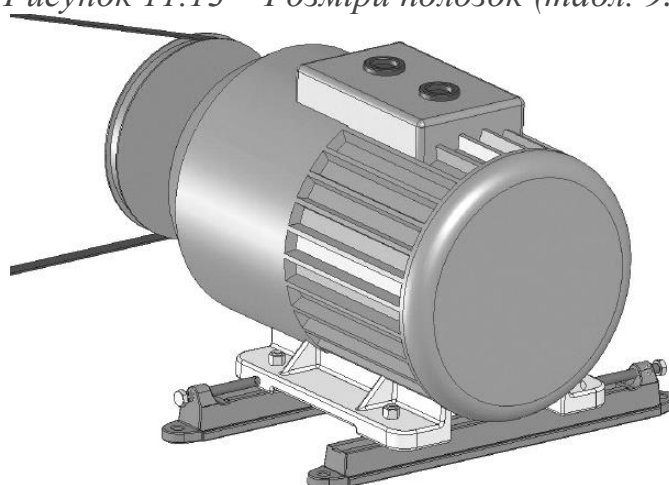


Рисунок 11.14 – 3D модель установки електродвигуна на полозках

Таблиця 9.5 – Розміри полозок, мм

Тип	a	a_1	B_1	B_2	C	d_1	d_2	h_1	h_2	h_3	l	Маса, кг	Болти кріплення е/двигуна
С-3	16	38	370	440	410	M12	12	15	44	36	42	3,8	M10x35
С-4	18	45	430	540	470	M12	14	18	55	45	50	5,3	M12x40
С-5	25	65	570	670	620	M16	18	22	67	55	72	12,5	M16x55
С-6	25	65	630	770	720	M16	18	26	74	60	75	17,5	M16x60
С-7	30	90	770	930	870	M20	24	30	88	70	105	31,0	M20x75

У полозку виконані пази під болти кріплення електродвигуна. Переміщення електродвигуна по полозках здійснюється за допомогою гвинтів, що штовхають, при ослабленому болтовому кріпленні лап електродвигуна й наступної фіксації електродвигуна за допомогою болтового кріплення.

4. У конструкції на рис. 9.15 натяг пасу дозволяє забезпечити хитна підмоторна плита із установленим на ній електродвигуном. Плита повертається щодо осі кронштейна на потрібний кут за допомогою гвинтової пари.

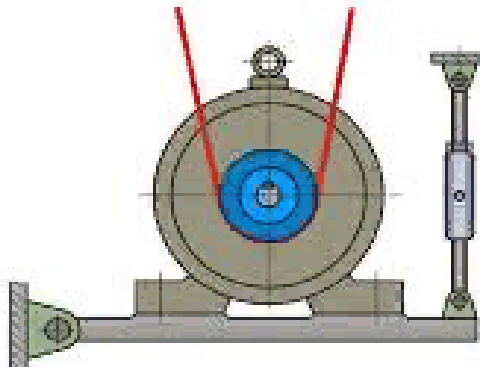


Рисунок 9.15 – Хитна підмоторна плита

Приклад приводу з фундаментними болтами показано на рис. 9.16.

Індивідуальна консультація

Викладач перевіряє роботу кожного студента, дає рекомендації й оцінює обсяг виконаної роботи. Студенти підгрупи повинні брати активну участь у консультації.

Завдання на наступне заняття

1. Проробити у тонких лініях загальний вид приводу.
2. Закінчити загальний вид редуктора.

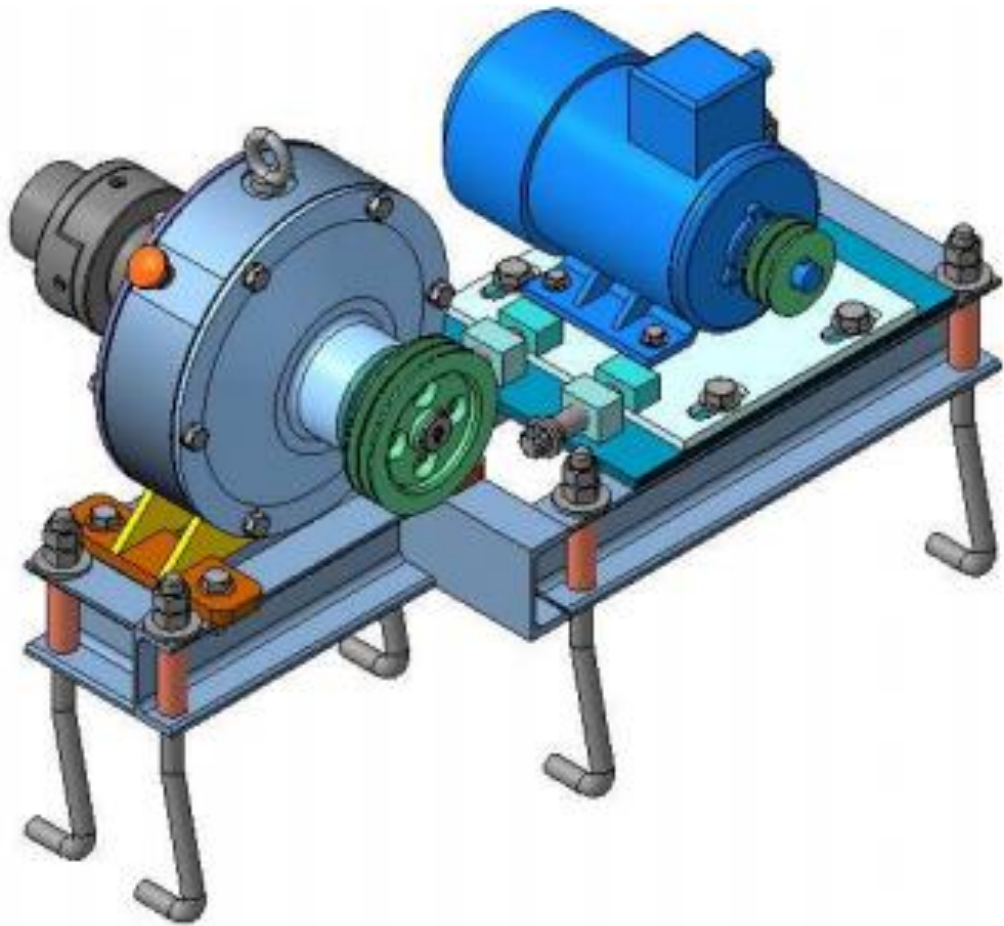


Рисунок 9.16 – Приклад приводу на звареній рамі з фундаментними болтами

10 СКЛАДАННЯ СПЕЦИФІКАЦІЙ

Ціль: ознайомити студентів із правилами складання специфікацій.

Література до заняття:

1. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

2. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

3. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

4. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

5. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : справочное пособие для студентов технических специальностей / сост.: Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

6. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

7. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Переклик.....	3 хв.
Групова консультація (теоретичний матеріал)	15 хв.
Індивідуальна консультація	65 хв.
Завдання на наступне заняття	2 хв.

Групова консультація

Необхідний теоретичний матеріал представлений в [1, с. 290–298; 2, с. 388–390, 397–402; 5, с. 14–18; 98–122].

Курсовий проект по «Деталях машин» являє собою сукупність конструкторських документів: графічних (креслення) і текстових (пояснювальна записка, специфікація).

Як уже неодноразово відзначалося, правила оформлення конструкторської документації регламентовані стандартами, що входять до ЄСКД (Єдина система конструкторської документації).

На попередніх заняттях були розглянуті правила оформлення складальних креслень.

Метою даного заняття є розгляд правил складання специфікації.

Специфікація є основним конструкторським документом для складальної одиниці. Специфікація – документ, що визначає состав складальної одиниці й всієї її конструкторської документації. На кожну складальну одиницю повинна бути складена окрема специфікація.

Специфікацію становлять на аркушах формату А4 по спеціальних формах, які представлені в [1, с. 290–298; 2, с. 397–398; 3, с. 15].

Специфікація містить сім вертикальних граф: формат, зона, позиція, позначення, найменування, кількість, примітка. Розташування й розміри граф показані на рис. 10.1.

У загальному випадку специфікація складається з наступних розділів:

- документація;
- складальні одиниці;
- деталі;
- стандартні вироби;
- інші вироби (наприклад, покупні);
- матеріали.

Найменування розділу вказується у вигляді заголовка в графі «Найменування» з підкресленням. Вище заголовка й нижче його варто залишати не менше одного незаповненого рядка.

Графи специфікації заповнюються в такий спосіб.

У графі «Формат» вказуються формати тих конструкторських документів, яким присвоюються шифри, записані в графі «Позначення». Графи не заповнюються для документів, запис про які внесена в розділи «Стандартні вироби», «Інші вироби», «Матеріали».

Графа «Зона» заповнюється в тому випадку, коли поле креслення розбито на зони для швидкого знаходження на кресленні складової частини виробу або його елемента по номеру позиції. Якщо поле креслення не розбито на зони, графа «Зона» не заповнюється й прочерк у ній не ставиться.

У графі «Поз.» (позиція) записують порядкові номери позицій, які нанесено на кресленні для вказівки складових частин, що входять у виріб. Порядкові номери позицій вказуються в зростаючому порядку. Допускається резервувати номера при переході від одного розділу специфікації до іншого. Графа не заповнюється (прочерк не ставиться) для розділів «Документація» і «Комплекти».

У графі «Позначення» указують:

- присвоєні позначення конструкторських документів (розділ «Документація»);
- присвоєні позначення основних конструкторських документів на виробу, які записано в ці розділи (у розділі «Складальні одиниці» – позначення (номер) специфікації на складальну одиницю або вузол; у розділі «Деталі» – позначення (номер) деталі.

Графа не заповнюється для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби», «Матеріали».

У графі «Найменування» указують:

- у розділі «Документація» для конструкторських документів, що входять до складу виробу – тільки найменування цих конструкторських документів (наприклад: «Складальне креслення», «Креслення загального виду», «Габаритне креслення», «Пояснювальна записка», «Схема гідравлічна принципова» і т.п.);

- у розділах «Складальні одиниці», «Деталі» – найменування виробів, записаних в основному написі на основних конструкторських документах, що становляться для цих виробів. У розділі «Складальні одиниці» записують вироби, які складаються зі складових частин і збираються поза процесом складання основної складальної одиниці (редуктора або коробки передач). Запис виробу проводять в порядку зростання коду класифікаційної характеристики складальної одиниці [1, с. 290];

- до розділу «Деталі» відносять оригінальні деталі: вали, зубчасті колеса, втулки й ін., на які розробляються робочі креслення. Запис робиться в порядку зростання коду класифікаційної характеристики деталі: у межах кожного класу – підкласу – групи – підгрупи [1, с. 290];

- у розділі «Стандартні вироби» указують найменування виробів, їхні умовні позначки відповідно до стандарту. У межах кожної категорії запис виконується по групах виробів, об'єднаних по їхньому функціональному призначенню (наприклад: кріпильні вироби, підшипники й т.п.). У межах кожної групи – за абеткою найменувань виробів (наприклад: болт, гвинт, гайка, шпилька й т.п.). У межах кожного найменування – у порядку зростання позначення стандарту. У межах кожного позначення стандарту – у порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу (наприклад: діаметра, довжини й т.п.);

- у розділі «Інші вироби» – найменування виробів і їхня умовна позначка;

- у розділі «Матеріали» – умовна позначка матеріалів відповідно до існуючих стандартів або технічних умов. У розділі «Матеріали» при курсовому проектуванні записують мастильні матеріали;

- у графі «Кіл.» (кількість) указують кількість складових частин виробів.

З метою спрощення зберігання виконаних студентами проектів специфікації варто поміщати у пояснювальну записку відразу ж за додатками, але в нумерацію сторінок і зміст не включати.

При виконанні курсового проекту застосовують рекомендовану стандартом єдину знеособлену класифікаційну систему позначення виробів і їхніх конструкторських документів. Дана система позначення рекомендована для всіх галузей промисловості при розробці, виготовленні, експлуатації й ремонті. У загальному виді умовна позначка має наступну структуру

XXXX.XXXXXX.XXX,

де XXXX – код організації розробника (ДДМА);

XXXXXX – код класифікаційної характеристики деталей або складальних одиниць, що визначається по класифікаторі ЕСКД [1, с. 388].

XXX – порядковий реєстраційний номер.

Так складається позначення основного конструкторського документа – робочого креслення деталі або специфікації складальної одиниці.

Наприклад:

- ДДМА.303115.100СБ – позначення складального креслення одноступінчастого циліндричного редуктора, виконаного в Донбаській державній машинобудівній академії;

- ДДМА.303115.111 – позначення робочого креслення вала того ж одноступінчастого циліндричного редуктора, виконаного в Донбаській державній машинобудівній академії;

- ДДМА.303115.100СП – позначення специфікації складального креслення одноступінчастого циліндричного редуктора, виконаного в Донбаській державній машинобудівній академії;

- ДДМА.303115.000ВО – позначення складального креслення загального вигляду приводу пластинчастого транспортеру, виконаного в Донбаській державній машинобудівній академії;

- *ДДМА.303115.000 СП* – позначення специфікації складального креслення загального вигляду приводу пластинчастого транспортеру, виконаного в Донбаській державній машинобудівній академії;

- *ДДМА.303115.000 ПЗ* – позначення пояснювальної записки проекту приводу пластинчастого транспортеру, виконаного в Донбаській державній машинобудівній академії.

У позначеннях складального креслення й пояснювальної записки крім позначення по єдиному класифікаторі присутній код конструкторського документа.

Для кращого засвоєння матеріалу й для наочності, рекомендується ознайомитися із прикладами специфікацій стосовно до конкретних креслень редукторів різного типу, які показані в роботі [1, с. 268–273, с. 277–283]. Приклади виконання специфікацій також наведені на рис. 10.1, 10.2.

Індивідуальна консультація

Викладач розглядає роботу кожного студента, дає рекомендації й оцінює обсяг виконаної роботи. Студенти підгрупи повинні слухати викладача й запитувати щодо питань, які незрозумілі.

Формат		Зона		Поз.		Позначення		Найменування		Кіл.		Примітка					
Перв. примен.								Документація									
						ДДМА.30334.1.000В0		Привод до транспортеру									
						ДДМА.30334.1.000ПЗ		Пояснювальна записка									
Справ. №								Складальні одиниці									
				1		ДДМА.30334.1.100СБ		Редуктор конічний		1							
				2		ДДМА.30334.1.200СБ		Рама зварена		1							
								Деталі									
						3		ДДМА.30334.1.001		Болт фундаментний		8					
						4		ДДМА.30334.1.002		Шків вдений		1					
										Стандартні вироби							
						5				Болт ГОСТ 7798-70							
						6				М6-8dх20.66.029		4					
						7				М8-8dх20.66.029		4					
Підп. і дата				7				Гайка ГОСТ13152-67									
				8				М6-6Н.5									
				9				М8-6Н.5									
Взам. інв. №				9				М16-6Н.5									
								////////////////////////////////////									
Підп. і дата								Покупні вироби									
				19				Ланцюг ПР-19,05-3180 ГОСТ 13568-75		1							
				20				Електродвигун 4А132М8		1							
Інв. № подл.								ДДМА.30334.1.000СП									
		Вим. Лист		№ докум.		Підп.				Дата							
		Разроб.		Шевченко								Лист		Лист		Листів	
		Перев.		Роганов								1		4			
		Н.контр.								зр.ЗВ17-1							
		Затв.		Роганов													

Копирвал

Формат А4

Рисунок 10.1 – Приклад специфікації на привод до конвеєра

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
				Документація			
			ДДМА.30334.1.100СБ	Редуктор конічний			
				Складальні одиниці			
Справ. №		1	ДДМА.30334.1.100-1СБ	Люк смотровий	1		
		2	ДДМА.30334.1.100-2СБ	Мастиловказівник	1		
				Деталі			
		3	ДДМА.30334.1.101	Корпус	1		
		4	ДДМА.30334.1.102	Кришка корпусу	1		
		5	ДДМА.30334.1.103	Шків ведений	1		
		6	ДДМА.30334.1.104	Вал вхідний	1		
		7	ДДМА.30334.1.105	Шестерня конічна	1		
		8	ДДМА.30334.1.106	Колесо конічне	1		
		9	ДДМА.30334.1.107	Вал проміжний	1		
		10	ДДМА.30334.1.108	Шестерня циліндрична	1		
		11	ДДМА.30334.1.109	Колесо циліндричне	1		
		12	ДДМА.30334.1.110	Вал вихідний	1		
		13	ДДМА.30334.1.111	Зірочка ведуча	1		
	14	ДДМА.30334.1.112	Кришка прохідна	1			
						
			Стандартні вироби				
			Болт ГОСТ 7798-70				
		31	М6-8dх20.66.029	4			
		32	М8-8dх20.66.029	16			
			ДДМА.30334.1.100СБ				
			Вим. Лист	№ докцм.	Підп.	Дата	
Інв. № подл.	Розроб.	Шевченко					
	Перев.	Роганов					
	Н.контр.						
	Затв.	Роганов					
			Редуктор конічний				
					Лист	Листів	
					1	4	
						зр.3В17-1	

Копирвал

Формат А4

Рисунок 10.1 – Приклад специфікації на передаточний механізм

Завдання на наступне заняття

1. Складається специфікація на складальне креслення редуктор.
2. Оформляються розділи пояснювальної записки за матеріалами розрахунково-графічних робіт, виконаними у попередньому семестрі.

11 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Ціль: ознайомити студентів з порядком оформлення пояснювальної записки

Література до заняття:

1. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2–е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

2. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3–е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

3. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7–е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

4. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

5. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Загальна консультація 25 хв.

Індивідуальна консультація 58 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Пояснювальна записка є типовим текстовим документом, що містить в основному текст, на який поширюються всі вимоги стандарту. Пояснювальну записку умовно можна розділити на:

- вступну частину;
- основну частину;
- додатки.

Вступна частина містить наступні структурні елементи:

- титульний лист;
- завдання на проектування;
- реферат;
- зміст.

Основна частина містить наступні структурні елементи:

Вступ.

1 Аналіз конструкції привода.

2 Вибір електродвигуна. Кінематичні розрахунки.

3 Розрахунки зубчастих і черв'ячних передач.

4 Розрахунки пасових передач.

5 Розрахунки ланцюгових передач.

6 Розрахунки муфт.

7 Попередні розрахунки діаметрів валів, перевірочні розрахунки валів на витривалість, статичну міцність.

8 Вибір підшипників, перевірочний розрахунок підшипників на довговічність.

9 Розрахунки шпонкових і шліцьових з'єднань.

10 Розрахунки основних розмірів корпусних деталей (корпус, кришка й т.п.).

11 Технічні умови на експлуатацію.

Висновки.

Перелік посилань.

Додатки.

Титульний лист є першим аркушем документа й оформляється для всіх текстових документів. Титульний аркуш виконується на аркушах формату А4 (210×297 мм). Форма й зміст титульних аркушів текстових документів регламентовані стандартом. Переноси слів і їхнє скорочення не допускаються. Крапки наприкінці речень не ставляться. Виділення речень, окремих слів у написах на титульному аркуші дозволяється тільки розміром шрифту.

Приклад **титульного листа** пояснювальної записки наведений на рис. 11.1.

Форма бланку завдання на курсовий проект представлено на рис. 11.2.

Реферат будується за наступною схемою: відомості про обсяг роботи в аркушах креслень і сторінках записки, кількості ілюстрацій, кількості таблиць і кількості використаних літературних джерел; текст реферату; ключові слова. Зразок оформлення реферату курсового проекту наведений на рис. 11.3.

Зміст. Зразок спеціального аркушу «ЗМІСТ» представлений на рис. 11.4.



Міністерство освіти й науки України
Донбаська державна машинобудівна академія
(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра «Основи проєктування машин»
(повна назва кафедри)

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни: «Деталі машин»
(назва дисципліни)

на тему: « _____ »
_____ »

Студента (ки) групи _____
спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник

(посаду, місце завання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка: ECTS _____

	Члени комісії:
Поточна оцінка за семестр _____ (із 100 балів)	_____ (прізвище та ініціали) підпис
Оцінка за захист проєкту _____ (із 100 балів)	_____ (прізвище та ініціали) підпис
Дата захисту _____	_____ (прізвище та ініціали) підпис
Методкабінет ОПМ _____	_____ (прізвище та ініціали) підпис

м. Краматорськ – 2 _____ рік

Рисунок 11.1 – Приклад титульного листа пояснювальної записки



Міністерство освіти й науки України
 Донбаська державна машинобудівна академія
 (повне найменування вищого навчального закладу)
 Кафедра «Основи проектування машин»
 (повна назва кафедри)

ЗАВДАННЯ № _____

ПІБ студента _____ :

Група _____ :

Тема: « _____ »
 _____ »

Схема механізму та вихідні дані до проектування:

Режим навантаження

Схема
 дривної

Частота обертання	Час роботи в годинах з використанням потужності					
	t_1	P_1	t_2	P_2	t_3	P_3
n_1						

Виконання передаточного механізму	
Положення вихідного валу	
Серійність виробництва	
Змінність роботи	

№	$T, N \times m$	$n, хв^{-1}$	$n_c, хв^{-1}$	Тип передачі або муфти на вхідному валу	U	Тип передачі або муфти на вихідному валу	U	S	Встановити на:

Дата видачі _____

Керівник проекту _____
підпис прізвище, ініціали

Рисунок 11.2 – Приклад бланку завдання на курсовий проект

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до курсового проекту з дисципліни «Деталі машин» містить: 47 с., 4 табл., 5 рис., 5 посилань на літературу.

Одним із способів очищення виливок є галтовка в барабанах. Очищення в галтовочному барабані відбувається в результаті сукупності декількох процесів. Це взаємне зіткнень і тертя виливок, а також зіткнення і тертя виливок по стінкам барабана. Для інтенсифікації процесу в барабан завантажують спеціальні зірочки із білого чавуну.

Об'єкт дослідження – привід до галтовочного барабана.

Ціль роботи – конструювання і розрахунок приводу до галтовочного барабана згідно з даними завдання на курсовий проект. Основні техніко-експлуатаційні характеристики приводу наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Техніко-економічні характеристики приводу

Показник	Значення
Електродвигун:	
• тип	4A132S6Y3
• потужність	5,5 кВт
• частота обертання валу	965 хв^{-1}
Частота обертання вихідного валу	115 хв^{-1}
Маса редуктора	120 кг
Габарити редуктора з електродвигуном	700 × 1200 × 500 мм
Спосіб змащення передач і підшипників кочення	Зануренням у масляну ванну і розбризкуванням
Сорт мастила	«І-50»
Об'єм мастила	3 л
Періодичність зміни мастила	6 місяців
Термін служби редуктора	15000 год

У курсовому проекті наведені результати кінематичного розрахунку: передаточних чисел, частот обертання, потужностей, обертових моментів для всіх елементів редуктора. Описано конструкцію приводу. Проведено проектувальні й перевірені розрахунки передач, валів, підшипників, муфт, шпонкових з'єднань. Визначено основні розміри корпусних деталей редуктора. Підібрано стандартні деталі, об'єм і сорт мастила.

Графічна частина курсового проекту складається із креслення загального виду приводу (1 л. ф. А1) і складального креслення редуктора у трьох проєкціях (2 л. ф. А1), які супроводжуються необхідними технічними вимогами і специфікаціями.

ГАЛТОВОЧНИЙ БАРАБАН, ПРИВОД, ЕЛЕКТРОДВИГУН, МУФТА, ПІДШИПНИК, ВАЛ, ШЕСТІРНЯ, КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ

Інв. № подл. Подп. і дата. Взам. инв. № Інв. № дубл. Подп. і дата. Інв. № подл.

Ізм.	Лист	№ док.	Годн.	Дата

ДДМА.303359.000ПЗ

Лист

Рисунок 11.3 – Приклад оформлення реферату

Перв. примеч.		Стор. №		Підп. і дата		Інв. № докл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № подл.			
ЗМІСТ															
Вступ.....5															
1 Аналіз конструкції приводу 6															
2 Вибір електродвигуна 7															
3 Кінематичний розрахунок 8															
4 Розрахунки передач..... 9															
4.1 Розрахунок _____ передачі 1–29															
4.2 Розрахунок _____ передачі 3–412															
5 Розрахунок передач гнучким зв'язком 14															
5.1 Розрахунок _____ пасової передачі.....14															
5.2 Розрахунок ланцюгової передачі.....18															
6 Вибір і розрахунок з'єднувальних компенсуючих муфт.....20															
6.1 Муфта _____20															
7 Розрахунок валів..... 21															
7.1 Проектувальний розрахунок валів.....21															
7.2 Перевірочні розрахунки валів на витривалість.....22															
7.2.1 Розрахунок вхідного вала.....22															
7.2.2 Розрахунок проміжного вала.....25															
7.2.3 Розрахунок вихідного вала.....28															
8 Вибір і розрахунок підшипників кочення.....31															
8.1 Розрахунок підшипників вхідного вала.....32															
8.2 Розрахунок підшипників проміжного вала.....35															
8.3 Розрахунок підшипників вихідного вала.....37															
9 Вибір і розрахунок шпонкових з'єднань39															
10 Розрахунок основних розмірів корпусу редуктора.....41															
11 Технічні умови на експлуатацію.....42															
Висновки.....44															
Перелік посилань.....45															
Додатки. Специфікації.....46															
<i>ДДМА.303359.000ПЗ</i>															
Вим. Лист		№ док.м.		Підп.		Дата		<i>Привід до галтовачного барабану</i>		Лист		Лист		Листів	
<i>Розроб. Шевченко</i>		<i>Розанов</i>										4		56	
<i>Перев. Розанов</i>										<i>гр. ЗВ17-1</i>					
<i>Н.контр. Розанов</i>		<i>Розанов</i>													
<i>Затверд. Розанов</i>															
<i>Копіював</i>															
<i>Формат А4</i>															

Рисунок 11.4 – Приклад оформлення аркушу «ЗМІСТ»

Текстова частина. Пояснювальна записка (ПЗ) виконується рукописом або із застосуванням друкуючих і графічних пристроїв. Текст ПЗ друкується з кількістю знаків у рядку 60 – 75 і міжстроковим інтервалом, що дозволяє розмістити 40 ± 3 рядків на сторінці. При комп'ютерному наборі печатка виробляється **шрифтом 13– 14 пунктів**. Висота малих літер, що не мають виступаючих елементів, повинна бути не менш 2 мм.

Текст ПЗ варто розміщати на аркуші, дотримуючи наступних розмірів полів: *ліве* – не менш 30 мм, *праве* – не менш 10 мм, *верхнє* – не менш 15 мм, *нижнє* – не менш 20 мм.

Абзаци в тексті починаються відступом, рівним 10–13 мм.

Текст ПЗ ділиться на розділи, підрозділи й пункти. Пункти, при необхідності, можуть ділитися на підпункти.

Розділи повинні мати заголовки. Підрозділи можуть мати заголовки при необхідності. Пункти, як правило, заголовків не мають.

Основні правила оформлення пояснювальної записки показано на рис. 11.5.

Приклад оформлення розділу «ВСТУП» і «ВИСНОВКИ» показано на рис. 11.6, 11.7.

Нумерація сторінок. Всі сторінки текстового документа нумеруються. Нумерація сторінок текстового документа виконується наскрізний, від титульного аркуша до останньої сторінки, включаючи завдання, реферат, зміст, всі ілюстрації, таблиці, розташовані усередині тексту на окремих аркушах, висновок, список літератури, а також додатки.

Номер сторінки ставиться арабськими цифрами у відповідній графі основного напису аркуша. На бланку титульного аркуша, що є першою сторінкою, бланку завдання й рефераті номер сторінки не ставиться.

У текстових документах реферативного змісту й наукових праць і інших документів, для яких рамка й основний напис не передбачені, номер сторінки ставиться арабськими цифрами в правому нижньому куті кожного аркуша, крім титульного.

Посилання на літературні джерела вказуються порядковим номером (за переліком посилань) у квадратних дужках. *Приклад:* [3].

При посиланні на ілюстрації варто писати «рис. 11.3».

Посилання на таблиці вказуються порядковим номером таблиці. *Приклад:* у табл. 1.2.

У повторних посиланнях на ілюстрації й таблиці вказується скорочено слово «дивися». *Приклад:* див. рис. 11.3.

4 РОЗРАХУНОК ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ (по центру)

порожній рядок

4.1 Розрахунок прямозубої передачі

порожній рядок

Основний текст набирається шрифтом Times New Roman, розмір 14, одинарним інтервалом, центрування по ширині з переносами, відступи праворуч і ліворуч - 0 см, новий рядок - 1.25 см, відступи між абзацами - 0 см. Посилання в тексті позначаються квадратними дужками [1, табл. 1]. Поля: верхнє - 5 мм, нижнє - 5 мм, праворуч - 5 мм, ліворуч - 20 мм; плетіння - 0 мм, від краю до верхнього колонтитула 18 мм, нижнього 0 мм; розмір папера А4(210×297мм), орієнтація книжкова; для розміщення табличних даних, графіків, схем, малюнків при необхідності допускається альбомна орієнтація сторінки. Формули набираються в редакторі формул *MicroSoft Equation 3.0* (і наступних версіях) з розмірами шрифту: звичайний - 14 пт; великий індекс - 12 пт; дрібний індекс - 10 пт; великий символ - 14 пт; дрібний символ - 8 пт, вирівнювання по центру сторінки:

порожній рядок

$$S = \sum_{p=1}^{(1+B)^2} X_{nk}^{kp}, \quad (1)$$

порожній рядок

де X - розшифровка перемінних; kp ...

Рисунки повинні бути чорно-білими, посилання на рисунок - рис.1 або (рис. 2,а).

порожній рядок



порожній рядок

1 - написи під рисунком; ...5 -

Рисунок 1 - Назва малюнка з нового рядка (центрування по ширині сторінки)

порожній рядок

Таблиці виконують відповідно до вимог стандарту - табл. 1:

порожній рядок

Таблиця 1 - Назва таблиці

		≥8мм		

порожній рядок

Необхідно стежити за тим, щоб графічний матеріал і таблиці не виходили за поля сторінки.

Підп. і дата

Інв. № докл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № посл.

Вим. / лист № докум. Підп. Дата

ДДМА.303359.000ПЗ

/лист

Копіравал

Формат А4

Рисунок 11.5 – Основні правила оформлення пояснювальної записки

ВСТУП

У даному курсовому проєкті спроектовано і розраховано привід до галтовочного барабана.

Вибір технологічного процесу очищення виливок і обладнання визначається характером виробництва (одиничне, серійне, масове) і характеристикою виливок, які очищаються (вагу, стан поверхні, форма). На вибір технологічного процесу впливає також тип покриття, яке в подальшому буде наноситися на виливки (забарвлення, емалювання, гальванічне покриття і т. п.). Очищення виливок у галтовочному барабані відбувається внаслідок взаємних зіткнень і тертя виливок зі стінками барабана і спеціальних деталей – зірочок з білого чавуну, які також завантажуються в барабан для підвищення інтенсифікації процесу.

Основними вимогами до приводу є: висока продуктивність, надійність, технологічність, ремонтпридатність, мінімальні габарити й маса, зручність експлуатації, економічність, технічна естетичність. Всі ці вимоги враховувалися у процесі конструювання. У ході роботи над проєктом виконано аналіз призначення й умов, у яких перебуває кожна проєктована деталь. Із різних варіантів рішень вибиралося найбільш раціональне конструктивне рішення з урахуванням експлуатаційних і економічних вимог. При проєктуванні виконано кінематичні розрахунки, визначені величини і напрям сил, що діють на деталі, проведено розрахунки конструкцій на міцність, вирішені питання, пов'язані з вибором матеріалу й найбільш технологічних форм деталей. Так само вирішено питання складання й розбирання вузлів і машини в цілому. Вся робота виконана відповідно до діючих стандартів і норм.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № докл.					Лист
Взам. інв. №	Підп. і дата				ДДМА.303359.000ПЗ			
Вим.	Лист	№ докum.	Підп.	Дата				
					Копирабал			Формат А4

Рисунок 11.6 – Приклад оформлення розділу «ВСТУП»

ВИСНОВКИ

У ході виконання курсового проекту з урахуванням службового призначення спроектований привід до галтовочного барабану, складені й обґрунтовані технічні вимоги, вимоги до точності виготовлення основних деталей і з'єднань циліндричного редуктора. Виконані розрахунки зубчастих, ланцюгової й клинопасової передач, перевірені вали на витривалість, підшипники кочення на довговічність.

Розроблено складальне креслення редуктора та загальний вид приводу. До недоліків розробленої конструкції приводу можна віднести зайвий запас міцності: зубчастих передач при розрахунках по контактним напруженням, валів і підшипників і, як наслідок, підвищену металоемність. Ряд стандартних деталей редуктора можна було уніфікувати. Наприклад, прийняти однакові болти М12, що скріплюють частини корпусу. З урахуванням того, що з метою використання стандартної муфти було прийняте рішення збільшити діаметр вхідного вала редуктора, то доцільно було б застосувати однакові радіальні шарикопідшипники для опор всіх валів редуктора. Це дозволило б уніфікувати стандартні деталі редуктора і зменшити собівартість виробу.

Інв. № листа	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дробл.	Підп. і дата		Лист
Вик	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ДДМА.303359.000ПЗ	Лист
					Копіравал	Формат А4

Рисунок 11.7 – Приклад оформлення розділу «ВИСНОВКИ»

Список використаних джерел повинен містити перелік джерел, використаних при виконанні курсового або дипломного проекту. Джерела розташовуються в порядку появи посилань у тексті.

12 ПОРЯДОК ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Ціль: ознайомити студентів з порядком захисту курсового проекту

Література до заняття:

1. **Цехнович, Л. И.** Атлас конструкций редукторов : учеб. пособие / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – 2–е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1990. – 151 с.

2. **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2–е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

3. **Киркач, Н. Ф.** Расчет и проектирование деталей машин : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. – 3–е изд., перераб. и доп. – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

4. **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 7–е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2001. – 447 с.

5. Разработка чертежей деталей и сборочных единиц при курсовом и дипломном проектировании : учебное пособие для студентов технических специальностей / сост.: Л. П. Субботина, С. Г. Карнаух, Л. Н. Новицкая, А. В. Чумаченко. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 144 с.

6. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : методичне забезпечення кафедри ОПМ. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metodicheskoe-obespechenie-opm.html>.

7. Донбаська державна машинобудівна академія [Електронний ресурс] : платформа дистанційної освіти ДДМА. – Режим доступу: <http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php?id=3>.

Організаційна частина

Загальна консультація 25 хв.

Індивідуальна консультація 58 хв.

Завдання на наступне заняття 2 хв.

Курсовий проект представляється й захищається в строки, передбачені графіком виконання курсових проектів по дисципліні (див. табл. 1.1).

Курсовий проект повинен бути зданий викладачу-керівнику не пізніше, ніж за п'ять днів до призначеного строку захисту.

Позитивно оцінений керівником курсовий проект підлягає захисту. Захист курсових проектів повинен проходити у відкритій формі, коли захист здійснюється перед комісією, що визначає рівень теоретичних знань і практичних умінь студента, відповідність роботи пропонованим до неї

вимогам. Комісія з відкритого захисту курсових проектів складається не менше як із двох викладачів, один із яких є керівником курсового проекту.

Критерії оцінки курсового проекту

Аналіз результатів курсового проектування проводиться за наступними критеріями:

1. Навички самостійної роботи з матеріалами, по їхній обробці, аналізу й структуруванню.
2. Уміння правильно застосовувати методи дослідження.
3. Уміння грамотно інтерпретувати отримані результати.
4. Здатність здійснювати необхідні розрахунки, одержувати результати й грамотно викладати їх у звітній документації.
5. Уміння виявити проблему, запропонувати способи її вирішення, уміння робити висновки.
6. Уміння оформити підсумковий звіт у відповідності зі стандартними вимогами.
7. Уміння захищати результати своєї роботи, грамотна побудова мови, використання при виступі спеціальних термінів.
8. Здатність коротко й наочно викласти результати роботи.
9. Рівень самостійності, творчої активності й оригінальності при виконанні роботи.

Оцінка **«відмінно»** ставиться студенту, який у строк, у повному обсязі й на високому рівні виконав курсовий проект. При захисті й написанні проекту студент продемонстрував перераховані вище навички й уміння. Тема, заявлена у проекті, розкрита повністю, всі висновки студента підтверджені графічними матеріалами й розрахунками. Конструкторська документація підготовлена відповідно до стандарту. Відгук керівника позитивний.

Оцінка **«добре»** ставиться студенту, який виконав курсовий проект, але з незначними зауваженнями, був менш самостійний і ініціативний. Тема роботи розкрита, але висновки носять поверхневий характер, практичні матеріали оброблені не повністю. Відгук керівника позитивний.

Оцінка **«задовільно»** ставиться студенту, що допускав прорахунки й помилки в роботі, не повністю розкрив заявлену тему, робив поверхневі висновки, слабо продемонстрував аналітичні здатності й навички роботи з теоретичними матеріалами. Відгук керівника із зауваженнями.

Оцінка **«незадовільно»** ставиться студенту, який не виконав курсовий проект або виконав із грубими порушеннями вимог, не розкрив заявлену тему, не виконав практичної частини проекту.

У випадку незадовільної оцінки курсова робота вертається студенту на доробку з умовою наступного захисту протягом установленого деканатом строку.

13 ТИПОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Загальний вид виробу (звичайно привод із проміжним механізмом типу редуктор або коробка швидкостей)

1. Принципи вибору електродвигуна для привода. Переваги й недоліки асинхронних електродвигунів, їхнє маркування, конструктивне виконання. Як вибирається електродвигун з каталогу при проектуванні приводів.

2. Втрати потужності в приводі. ККД окремих передач і механізму в цілому. Облік ККД при виборі розрахункового моменту (потужності).

3. Що таке лита плита або зварена рама, їх призначення, вибір основних розмірів (довжина, ширина, висота). Порівняльні переваги і недоліки литих плит і зварених рам.

4. Як призначаються основні розміри легких фундаментів. Технологія виготовлення легкого фундаменту (матеріал, тіло фундаменту, фундаментні колодязі, підливка фундаменту й т.п.)

5. Фундаментні болти, їхнє призначення, конструктивні різновиди, розрахунок або призначення основних розмірів, способи закріплення в легких фундаментах.

6. Основні вимоги, що висуваються до муфт, які використовуються для з'єднання електродвигуна із вхідним валом передаточного механізму. Типи муфт, які можуть бути застосовані в цьому випадку.

7. Які передачі застосовуються для з'єднання електродвигуна із вхідним валом передаточного механізму, порівняльні переваги й недоліки кожної з них.

8. Способи створення попереднього натягу в пасових передачах. З яких міркувань був прийнятий той спосіб, що зображений на кресленні.

9. Способи з'єднання вихідного вала передаточного механізму із вхідним валом технологічної машини. Порівняльні переваги й недоліки муфт і передач з проміжним гнучким зв'язком.

10. Типи муфт, які використовуються для з'єднання вихідного вала передаточного механізму із вхідним валом технологічної машини. З яких міркувань прийнята та муфта, що зображена на кресленні.

11. Які зусилля діють на вали у випадку застосування на вході або виході передаточного механізму передач з проміжним гнучким зв'язком.

Від чого ці зусилля залежать, як визначаються й ураховуються при розрахунках валів, підшипників.

12. Які пристрої передбачені в розглянутому приводі для забезпечення безпеки при роботі біля нього людей. Які обставини забезпечують зручність його обслуговування.

13. Дайте пояснення щодо заповнення граф основного надпису (кутового штампа) на розглянутому кресленні.

14. Що записано в інструкції (у відповідному розділі пояснювальної записки) відносно налагодження й експлуатації спроектованого виробу й чому.

Технічний проект передаточного механізму

1. Що таке «складальне креслення»? Яким вимогам повинно воно відповідати?

2. Що таке «специфікація»? Для чого і як складається специфікація складальної одиниці. Зміст, порядок складання.

3. З яких міркувань у редукторах і коробках швидкостей розбивається сумарне передаточне число між ступеннями. Яким умовам повинні відповідати призначені передаточні числа у всіх кінематичних парах.

4. Порівняльні переваги й недоліки передач прямозубими, косозубими й шевронними зубчастими колесами? Чим пояснити наявність у розглянутому проекті тих або інших типів зубчастих передач.

5. Критерії працездатності передач зубчастими колесами. По якому із критеріїв виконується попередній розрахунок передачі, чому? Із чого складається перевірочний розрахунок передач зубчастими колесами.

6. З яких міркувань призначається матеріал для зубчастих коліс. Розповсюджені для цих деталей види термічної й термохімічної обробки.

7. Порівняльні переваги й недоліки конструкторських схем передач зі сполученими й розділеними шевронами.

8. У багатоступінчастих редукторах на вхідному й вихідному валах зубчасті колеса конструктивно зміщені до однієї з опор. До якої з опор треба їх зміщати, у яких випадках, дайте пояснення чому.

9. Якщо на проміжному валу два циліндричних косозубих колеса, то правильно щоб вони мали однаковий або різний напрямок нахилу зубів?

10. Для двоступінчастого редуктора можливі схеми з послідовним розміщенням валів і зі співвісним розміщенням вхідного й вихідного вала. У чому конструктивні переваги й недоліки кожної зі схем?

11. Які можливі конструктивні форми циліндричних зубчастих коліс. Зв'язати їх з розмірами й масштабом виробництва, дати роз'яснення щодо конструкції зубчастих коліс у розглянутому проекті.

12. Особливості конструкції передач конічними зубчастими колесами. Пристрої, призначені для забезпечення можливості регулювання зачеплення конічних зубчастих коліс при складанні, як передбачається регулювати зачеплення в розглянутому проекті.

13. Специфічні особливості роботи черв'ячної передачі, критерії її працездатності, як вони враховані в розрахунках (проектувальному, перевірконому).

14. З яких міркувань призначається матеріал деталей черв'ячної передачі (черв'як, вінець черв'ячного колеса).

15. Типи черв'яків. Який тип черв'яка застосований у розглянутому проекті, чому?

16. Конструктивні форми черв'ячних валів. З яких міркувань прийнята конструкція, зображена в розглянутому проекті.

17. Типові конструктивні форми черв'ячних коліс. Способи закріплення бронзових вінців на чавунних або сталевих центрах.

18. Пристрої для регулювання в черв'ячних передачах. Як передбачається здійснювати регулювання зачеплення в розглянутому проекті.

19. Порівняльні переваги й недоліки опор валів на підшипниках ковзання й підшипниках кочення. Чому в розглянутому проекті застосовані підшипники кочення.

20. Критерії працездатності підшипників кочення. Принцип добірки підшипників і перевірка їхньої працездатності. Облік факторів, що впливають на працездатність підшипників, вибір розрахункового терміну служби.

21. Застосовані схеми осьової фіксації валів в опорах на підшипниках кочення. Порівняльні переваги й недоліки кожної зі схем. Обґрунтувати, чому в розглянутому проекті застосована та або інша схема.

22. Типи підшипників кочення, їхня порівняльна характеристика. Обґрунтувати застосування підшипника певного типу в кожній з опор валів розглянутого проекту.

23. Схеми опор валів, на яких закріплені циліндричні прямозубі, циліндричні косозубі, циліндричні шевронні, конічні зубчасті колеса, черв'яки, черв'ячні колеса.

24. Який вал (або вали) у редукторах із шевронними передачами варто виконувати «плаваючим» і як це практично забезпечується конструкцією опор.

25. Порівняльні переваги й недоліки конструктивних схем осьової фіксації вала у двох опорах типу «у розпір» і «у розтяг».

26. Конструктивні різновиди опор з підшипниками кочення для осьової фіксації вала в одній опорі (з одним підшипником, із двома підшипниками).

27. Конструктивні різновиди «плаваючої» опори, що не фіксує положення вала в осьовому напрямку.

28. Конструкції й способи регулювання осьового зазору в радіально-упорних підшипниках, якщо вони використовуються в опорах вала.

29. Конструкції закріплення внутрішнього кільця підшипників на валах.

30. Конструкції закріплення в отворах корпусів зовнішніх кілець підшипників.

31. Конструктивне оформлення посадкового місця під підшипник кочення на валах і в корпусах.

32. Кришки, що закривають розточені отвори в корпусах для розміщення підшипників кочення (глухі, прохідні, врізні), способи закріплення.

33. Посадки елементів підшипників кочення на валах і в корпусах (принцип вибору, розповсюжені посадки, позначення посадок на кресленні, аналіз посадок, призначених у конкретному проекті).

34. Закріплення деталей передач кругообертального руху на валах від осьових зсувів. Способи регулювання осьового положення деталей на валах. Проаналізувати всі способи, застосовані у конкретному проекті.

35. Загальні вимоги до розмірів маточин деталей передач кругообертального руху. Зв'язати призначені розміри з діаметром вала, діаметром і шириною деталі, призначеною посадкою у з'єднанні.

36. Основні критерії працездатності валів і осей. За яким критерієм виконувалися попередні розрахунки і чому. Перевірочні розрахунки. Чим керувався проєктант, призначаючи матеріал вала.

37. Основні вимоги до конструкції валів і осей. Проаналізувати конструкцію всіх валів у розглянутому проекті.

38. Ущільнення в конструкціях опор із прохідними валами. Найпоширеніші типи ущільнень, порівняльна характеристика їхніх переваг і недоліків.

39. Принципи призначення посадок в основних з'єднаннях деталей редукторів і коробка швидкостей.

40. Порядок розбирання, складання, регулювання будь-якого вузла в розглянутому проекті.

41. Способи змащення деталей у передаточних механізмах. Аналіз способу, застосованого в розглянутому проекті.

42. З яких міркувань вибирається марка рідкого мастила при картерному змащенні, розрахунки потрібної кількості мастила.

43. Рівень масляної ванни стосовно різних деталей передач при картерному змащенні.

44. Особливості конструкції опор валів на підшипниках кочення, що змазуються рідким мастилом з картера та густим мастилом.

45. Конструкція мастиловказівників, пристрій і принцип дії мастиловказівника, застосованого в розглянутому проекті.

46. Пристрої для заливки й зливу мастила, віддушини.

Навчальне видання

ДЕТАЛІ МАШИН, ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І ОСНОВИ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

**Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів
при виконанні курсового проекту
з дисципліни «Деталі машин»**

для студентів технічних спеціальностей всіх форм навчання

(Українською мовою)

Укладачі: **КАРНАУХ Сергій Григорович,
ТАРОВИК Микола Георгійович**

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання **ТАРОВИК Микола Георгійович**

10/2012. Формат 60 x 84/16. Розум. друк. арк. 2,09.
Обл. - вид. арк. 1,41. Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003