

Малащенко В.О., Янків В.В.

# **Деталі машин**

**Проектування елементів механічних  
приводів**

Навчальний посібник

**Львів**  
**“Новий Світ-2000”**  
**2020**

**УДК 621.81**  
**ББК К44**  
**М 38**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів  
(Лист 1/11-5232 від 17.04.12 р.)*

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

**Б.І. Кіндрацький** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки (Національний університет “Львівська політехніка”);

**М.С. Козут** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машинобудування;

**М.П. Мартинців** – доктор технічних наук, професор кафедри механіки Українського національного лісотехнічного університету.

**Малащенко В.О., Янків В.В.**

**М 38** Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів:  
Навчальний посібник. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2020. – 264 с.

**ISBN 978-966-418-153-3**

Викладено матеріали стосовно завдань, основних вимог і послідовності курсового проектування деталей машин, об'єктами якого вибрані різноманітні елементи механічних приводів. Подано приклади розрахунків і конструювання зубчастих, черв'ячних, пасових, ланцюгових передач, валів, підшипників, з'єднань, муфт, деталей литва тощо.

Третій розділ посібника містить необхідний довідковий матеріал для курсового проектування.

Посібник призначений для студентів всіх спеціальностей, які виконують контрольні роботи та курсове проектування з деталей машин.

**УДК 621.81**  
**ББК К44**  
**М 38**

**ISBN 978-966-418-153-3**

© В.О. Малащенко, В.В. Янків, 2020  
© “Новий Світ-2000”, 2020

# ЗМІСТ

Вступ .....	9
<b>Розділ 1. Теоретичні положення та вимоги до курсового проектування.....</b>	<b>11</b>
1. Мета та завдання проектування .....	11
2. Тематика проектування та обсяг курсового проекту .....	13
3. Загальні вимоги до курсового проекту .....	13
3.1. Оформлення пояснювальної записки.....	14
3.2. Позначення текстової документації та креслень.....	15
3.3. Вимоги до оформлення графічної частини.....	16
3.3.1. Розробка складального креслення редуктора.....	17
3.4. Текстова частина складального креслення .....	19
3.5. Розроблення робочих креслень деталей .....	20
3.6. Захист і оцінювання курсового проекту .....	26
3.7. Питання для самоконтролю знань під час захисту курсового проекту.....	27
3.8. Перелік питань під час захисту КП.....	28
4. Технічні завдання для курсового проектування .....	30
5. Вимоги до оформлення курсового проекту .....	34
5.1. Зміст розділів пояснювальної записки.....	34
5.2. Взірець напису на титульній сторінці пояснювальної записки .....	38
5.3. Взірець оформлення технічного завдання.....	39
5.4. Правила проектування .....	40
5.5. Форми та розміри основних написів.....	41
5.6. Приклад заповнення специфікації для привода з черв'ячно-циліндричним редуктором.....	42
5.7. Приклад заповнення специфікації для черв'ячно-циліндричного редуктора.....	44

5.7.1 Приклад заповнення специфікації для проміжного вала.....	48
5.7.2 Приклад заповнення специфікації для черв'ячного колеса.....	50
5.8. Приклади виконання робочих креслень деталей.....	52
5.8.1. Проміжний вал.....	52
5.8.2. Циліндричне зубчасте колесо.....	53
5.8.3. Вал-шестерня конічна.....	54
5.8.4. Конічне зубчасте колесо.....	55
5.8.5. Вал-черв'як.....	56
5.8.6. Шків клинопасової передачі.....	57
5.8.5. Зірочка дворядна.....	58
5.9. Форма технічної характеристики на складальному кресленні двоступінчастого редуктора.....	59
5.10. Форма технічної характеристики на кресленні загального вигляду.....	60
<b>Розділ II. Приклади розрахунків механічних приводів.....</b>	<b>61</b>
6. Проектування механічного привода з триступінчастим редуктором.....	61
6.1. Завдання та його обґрунтування.....	61
6.2. Вибір двигуна та навантажувальні параметри передачі.....	62
6.2.1. Розрахунок параметрів і вибір електродвигуна.....	62
6.2.2. Передаточне число редуктора.....	63
6.2.3. Кутові швидкості валів редуктора.....	63
6.2.4. Потужності на валах.....	63
6.2.5. Обертальні моменти на валах.....	64
6.3. Розрахунок передач на міцність.....	64
6.3.1. Розрахунок тихохідної циліндричної прямозубої передачі.....	64
6.3.2. Розрахунок проміжної косозубої передачі.....	71
6.3.3. Розрахунок швидкохідної конічної передачі.....	77
6.4. Проектний розрахунок і конструювання валів.....	85

6.4.1. Швидкохідний вал.....	85
6.4.2. Перший проміжний вал.....	88
6.4.3. Другий проміжний вал .....	92
6.4.4. Тихохідний вал.....	96
6.5. Розрахунок валів на витривалість .....	99
6.5.1. Тихохідний вал.....	99
6.6. Вибір підшипників кочення.....	101
6.6.1. Швидкохідний вал.....	101
6.6.2. Тихохідний вал.....	104
6.7. Вибір розмірів і перевірка шпонкових з'єднань.....	105
6.7.1. Розміри елементів шпонкових з'єднань .....	105
6.7.2. Розрахункова схема з'єднання з призматичною шпонкою.....	106
6.7.3. Довжина шпонки .....	106
6.8. Конструктивні розміри основних деталей редуктора.....	107
6.8.1. Конічна зубчаста передача .....	107
6.8.2. Циліндрична косозуба передача .....	109
6.8.3. Циліндрична прямозуба передача .....	111
6.9. Розміри кріпильних болтів.....	112
6.10. Розміри корпусу та кришки редуктора .....	112
6.11. Розміри кришок підшипників .....	112
6.12. Арматура редуктора .....	114
6.12.1 Кришка для огляду.....	114
6.12.2. Масловказівник .....	114
6.12.3. Зливна пробка.....	115
6.13. Змащування зубчастих коліс .....	115
6.14. Змащування підшипників кочення .....	116
6.15. Розрахунок і конструювання муфти .....	116
6.16. Рама редукторної установки.....	118

7. Приклад розрахунку плоскопасової передачі .....	121
7.1. Вибір параметрів плоского приводного паса.....	121
7.2. Розрахунок основних параметрів передачі .....	121
7.3. Оцінка довговічності паса за кількістю пробігів.....	122
7.4. Розрахунок необхідної ширини та площі поперечного перерізу паса.....	122
7.5. Визначення попереднього натягу паса і навантаження валів передачі.....	123
7.6. Термін роботи приводного паса.....	123
8. Приклад розрахунку клинопасової передачі.....	125
8.1. Обертальний момент на ведучому шківі .....	125
8.2. Вибір типу і розмірів приводного паса.....	125
8.3. Розрахунок основних параметрів передачі .....	125
8.4. Визначення кількості пасів.....	126
8.5. Зусилля в пасовій передачі .....	127
9. Приклад розрахунку ланцюгової передачі.....	128
9.1. Вибір електродвигуна та навантажувальні параметри передачі .....	128
9.2. Кінематичний розрахунок привода.....	129
9.3. Потужність і обертальні моменти на валах .....	129
9.4. Проектний розрахунок ланцюгової передачі .....	130
9.5. Розрахунок шарнірів ланцюга на стійкість проти спрацювання.....	131
9.6. Перевірка пластин ланцюга на втому.....	132
9.7. Розрахунок ланцюга на міцність на випадок дії максимальних навантажень .....	133
10. Приклад розрахунку черв'ячної передачі.....	134
10.1. Параметри навантаження черв'ячної передачі .....	134
10.2. Вибір матеріалу черв'яка та черв'ячного колеса .....	134
10.3. Допустимі напруження для розрахунків передачі.....	134
10.4. Проектний розрахунок передачі .....	135
10.4.1. Потрібні коефіцієнти.....	135
10.4.2. Міжосьова відстань передачі.....	135

10.5. Попередні розрахунки параметрів передачі .....	136
10.6. Розрахунок передачі на контактну витривалість .....	137
10.7. Розрахунок зубців черв'ячного колеса на контактну міцність за максимальними навантаженнями .....	137
10.8. Розрахунок зубців черв'ячного колеса на втому при згині.....	137
10.9. Розрахунок міцності зубців на згин за максимальним навантаженням.....	138
10.10. Основні розміри елементів передачі.....	138
10.11. Зусилля у зачепленні передачі .....	140
10.12. Уточнення ККД черв'ячної передачі .....	141
10.13. Перевірка черв'яка на жорсткість.....	141
10.14. Розрахунок валів та вибір підшипників .....	141
10.15. Конструювання деталей передачі .....	141
10.16. Змащування та ущільнення .....	143
10.17. Тепловий розрахунок редуктора.....	143
10.18. Розрахунок і проектування муфти .....	144
10.19. Рама редукторної установки .....	147
11. Приклад розрахунку глобоїдної черв'ячної передачі .....	149
11.1. Вибір електродвигуна і кінематичні параметри передачі .....	149
11.2. Розрахунок параметрів навантаження і вибір міжосьової відстані глобоїдної черв'ячної передачі .....	150
11.3. Розрахунок основних геометричних параметрів .....	150
<b>Розділ III. Довідковий матеріал .....</b>	<b>155</b>
12. Зміст довідкового матеріалу для виконання курсового проекту .....	155
12.1. Матеріали, що застосовуються для зубчастих і черв'ячних передач, і дані для визначення допустимих напружень.....	156
12.2. Коефіцієнти для розрахунку зубчастих і черв'ячних передач.....	164
12.3. Стандартні елементи зубчастих і черв'ячних передач.....	172
12.4. Довідкові дані для розрахунку і проектування валів.....	174
12.5. Довідкові дані для вибору підшипників кочення.....	182

<i>12.6. Довідкові дані для конструювання кришок підшипників .....</i>	<i>220</i>
<i>12.7. Конструювання особливих ділянок валів .....</i>	<i>232</i>
<i>12.8. Довідкові дані для розрахунку пасових передач .....</i>	<i>241</i>
<i>12.9. Довідковий матеріал з вибору електродвигунів, ККД, передаточних чисел і мащення редукторів .....</i>	<i>245</i>
<i>12.10. Довідковий матеріал для глобоїдної черв'ячної передачі.....</i>	<i>256</i>
<i>Л і т е р а т у р а .....</i>	<i>262</i>

## ВСТУП

Для закріплення теоретичного матеріалу з деталей машин і отримання практичних навиків з формулювання та розв'язання завдань щодо проектування механічних пристроїв студенти виконують розрахунково-графічну роботу або курсовий проект.

Розмаїття існуючих розрахунків деталей машин і нестача відповідних літературних джерел, що спираються на нові стандарти для таких розрахунків, створюють для студентів певні труднощі.

Мета навчального посібника – полегшити студентам виконання курсового проекту, як першої самостійної конструкторської роботи. Курсовий проект вчить студентів користуватися технічною літературою, розвивати конструкторські навички та вміння розв'язувати технологічні завдання, що пов'язані з литвом, зварюванням, куванням, штампуванням, механічним і термічним оброблюванням, а також виконанням складальних операцій.

Завданнями до курсового проекту доцільно вибирати механічні приводи, що включають у себе електродвигун, редуктор, муфти, барабан, ланцюгову та пасову передачі, варіатор, коробки швидкостей тощо. Такі завдання є наближеними до майбутньої спеціальності та більш повно охоплюють всі розділи дисципліни “Деталі машин”. Завдання на проектування мають бути оформлені на спеціальному бланку, який підписується студентом і керівником курсового проекту.

Розрахунково-графічна робота та курсовий проект мають дві частини: текстову документацію (пояснювальна записка) і графічну частину, обсяг яких залежить від спеціальності студентів. Оформлення частин проекту здійснюється з погодженням зі стандартами наступних чинників:

- розміри аркушів і рамок на них (для записки – А4, а для креслень – формати А4, А3, А2, А1);
- основні написи текстових конструкторських документів і креслень;
- вимоги до побудови, викладення та оформлення текстової документації;
- вимоги до виконання креслень;
- форма та порядок заповнення специфікації конструкторських документів тощо.

Враховуючи такі вимоги, у навчальному посібнику прийнято єдину систему позначень основних параметрів і їхніх одиниць вимірювання: потужність  $P$  в кВт; крутний момент  $T$  в Н·м; згинальний момент  $M$  в Н·м; зусилля  $F$  в Н; лінійні розміри в мм; лінійна швидкість  $V$  в м/с; кутова швидкість  $\omega$  в рад/с; механічне напруження  $\sigma$  і  $\tau$  в МПа (відповідає Н/мм<sup>2</sup>). Ці позначення відповідають “Міжнародній системі одиниць”, яка застосовується в різних галузях науки, техніки та в навчальному процесі.

Навчальний посібник включає теоретичні положення курсового проектування, приклади розрахунків механічних передач, валів, підшипників тощо та довідковий матеріал для виконання будь-якого завдання з курсового проектування деталей машин. Тому викладений матеріал можна поділити на три характерні розділи:

Розділ I (1...5). Теоретичні положення та вимоги до курсового проектування.

Розділ II (6...11). Приклади розрахунків елементів механічних приводів.

Розділ III (12). Довідковий матеріал.

Всі розділи посібника авторами розроблено спільно. Формування змісту книжки в більшій мірі належить професору В.О. Малащенку, а її оформлення – доценту В.В. Янківу.

Доповнення даного видання посібника прикладом розрахунку 11 виконано проф. Малащенком В.О.

Основою формування змісту посібника є сучасні вимоги, що пред'являються до курсового проектування з деталей машин і споріднених дисциплін і нові ДСТУ, які автори намагалися врахувати.

Позитивною ознакою посібника є також наявність розділу 3 з довідковим матеріалом, що необхідний для виконання будь-якого завдання з курсового проектування, який також доповнений параграфом 11.

Автори висловлюють подяку колективу кафедри машинобудування Львівського національного аграрного університету, кафедри деталей машин Національного університету “Львівська політехніка” та рецензентам: доктору технічних наук, професору Богдану Іллічу Кіндрацькому, доктору технічних наук, професору Миколі Степановичу Когуту і доктору технічних наук, професору Михайлу Павловичу Мартинціву за надану допомогу та корисні зауваги, що сприяли покращенню посібника.

Дане видання посібника має також креслення загального вигляду механічного привода з черв'ячно-циліндричним редуктором; приклад заповнення специфікації; кінематичні схеми та ескізи найбільш розвсюджених редукторів; приклади розрахунків кулачкової та пружно-пальцевої муфт; вибір арматури та конструювання рами привода.

У посібнику є також типові питання для самоконтролю, захисту курсового проекту і методика оцінювання процесу проектування, яка враховує знання студента, якість текстової документації і графічної частини, вчасність виконання проекту тощо.

Одночасно автори далекі від думки, що посібник немає недоліків, і з вдячністю сприймуть всі пропозиції та зауваги, які просимо надсилати за адресою: видавництво “Новий Світ-2000”, а/с 2623, м. Львів, 79060, Україна.