

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ОСНОВИ
ТЕХНІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ**

Методичні вказівки
до виконання індивідуальної роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка»
галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Київ 2024

УДК 66.022.5

О-75

Укладач О. С. Дьяченко, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Є. О. Міщук, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск М. О. Клименко, канд. техн. наук,
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри машин і обладнання
технологічних процесів, протокол № 11 від 18 березня 2024 року.*

В авторській редакції.

Основи технічного проектування: методичні вказівки до виконання
О-75 індивідуальної роботи / уклад. Дьяченко О.С. – Київ: КНУБА,
2024. – 16 с.

Наведено зміст індивідуальної роботи освітньої компоненти
«Основи технічного проектування», вихідні варіанти, вказівки до
порядку виконання і правила оформлення згідно з вимогами.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13
«Механічна інженерія».

© КНУБА, 2024

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1. Вихідні дані до виконання контрольної роботи.....	6
2. Побудова кінематичної схеми приводу в AutoCAD.....	8
3. Кінематичний та силовий розрахунок приводу в MathCAD.....	10
Список літератури.....	13
<i>Додаток А</i>	14
<i>Додаток Б</i> . Значення ККД для механічних передач.....	15
<i>Додаток В</i> . Потужність та частота обертання електродвигунів закритих з обдувом серії 4А (марка/номінальна частота обертання $n_{ен}$, об/хв).....	15

Загальні положення

До технічних засобів (машин, устаткування і високоавтоматизованих механічних систем), які використовуються у логістичних системах підприємств будівельної індустрії, а також суміжних галузей, ставляться високі вимоги. Такими вимогами є висока продуктивність, якість продукції, низький рівень експлуатаційних та капітальних витрат, надійність виконання процесів у різних умовах експлуатації тощо. Ці вимоги забезпечуються лише у тому разі, коли технічні засоби матимуть вивірену, прораховану і оптимальну конструкцію. Розробка і створення таких технічних засобів можливе лише у разі наявності висококваліфікованих фахівців у галузі механічної інженерії, які володіють сучасними методами і засобами, що використовуються у процесах проєктування та конструювання.

Метою виконання контрольної роботи з дисципліни «Основи технічного проєктування» є перевірка і закріплення навичок вирішення базових задач, які виникають під час процесів конструювання і проєктування технічних засобів з використанням розрахункових комплексів і систем автоматизованого проєктування і креслення.

Завдання контрольної роботи з дисципліни: складання кінематичної схеми приводу технічного засобу та виконання розрахунку його параметрів з використанням розрахункового комплексу MathCAD та системи автоматизованого проєктування і креслення AutoCAD.

Контрольна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки (приблизно 10-12 сторінок) і графічної частини (1 аркуш формату А4). Розрахунково пояснювальна записка виконується з використанням розрахункового комплексу MathCAD.

У записці наводять вихідні дані, призначення механічного приводу технічного засобу, опис принципу його роботи, оглядають елементи, що входять до його складу, виконують числові розрахунки усіх елементів механічного приводу технічного засобу з обов'язковим посиланням на стандарти й інші джерела, необхідні схеми та ескізи. Записку пишуть на форматах А4. Записка повинна мати титульний аркуш (див. дод. А), зміст, основну частину і в кінці – список використаних джерел.

Розрахунково-пояснювальна записка складається із двох розділів:

1. Призначення та будова механічного приводу технічного засобу.
2. Кінематичний та силовий розрахунок приводу в MathCAD.

У графічній частині наводять кінематичну схему механічного приводу з позначенням елементів і частин, які у нього входять, а також позначають швидкісні і силові параметри на валах приводу.

Стислі вказівки до виконання контрольної роботи

1. Призначення та будова механічного приводу технічного засобу:
 - навести призначення механічного приводу технічного засобу;
 - описати принцип роботи механічного приводу технічного засобу;
 - виконати огляд елементів, які входять до його складу.
2. Кінематичний та силовий розрахунок приводу в MathCAD:
 - визначити загальний ККД приводу;
 - вибрати електродвигун;
 - розрахувати загальне передаточне число приводу і провести розподіл його по ступеням;
 - вирахувати основні швидкісні та силові параметри на валах приводу;
 - оформити роботу у MathCAD у вигляді звіту на аркуші формату А4(270x297) згідно вимог ДСТУ 3008-15, список літератури оформити згідно ДСТУ 8302-15 і зберегти у форматі PDF.
3. Кінематична схема приводу у системі AutoCAD:
 - накреслити кінематичну схему приводу;
 - проставити номери позицій на кінематичній схемі і номери валів;
 - навести розшифрування номерів позицій, присутніх на кінематичній схемі;
 - оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД і зберегти у форматі PDF.

1. Вихідні дані до виконання контрольної роботи

Вихідні дані до виконання контрольної роботи такі:

- потужність на веденому валу привода технічного засобу P , кВт;
- кутова швидкість веденого вала ω , рад/с;
- варіант компоновки механічної передачі.

Вихідні дані згідно з варіантом по списку групи наведені у табл. 1.1 і 1.2. Приклад кінематичної схеми приводу технічного засобу наведено на рис.1.1.

Таблиця 1.1

Вихідні дані до розрахунку параметрів привода відповідно до варіанта

№ варіанта	Потужність на веденому валу, кВт	Кутова швидкість веденого вала, рад/с
1	3	8
2	4	5
3	5	10
4	5	9
5	4	4,5
6	3	8
7	3	9
8	4	5,5
9	5	10
10	5	8
11	4	5
12	3	9
13	3	4,5
14	4	10
15	5	8
16	4	9
17	5	4,5
18	4	3,5
19	4	4
20	5	5

Варіанти компоновки механічної передачі відповідно до варіанта

№ варіанта	Варіанти компоновки механічних передач
1	Двигун – ланцюгова передача – циліндричний редуктор
2	Двигун – ланцюгова передача – черв'ячний редуктор
3	Двигун – ланцюгова передача – конічний редуктор
4	Двигун – клинопасова передача – циліндричний редуктор
5	Двигун – клинопасова передача – черв'ячний редуктор
6	Двигун – клинопасова передача – конічний редуктор
7	Двигун – ланцюгова передача – циліндричний редуктор
8	Двигун – ланцюгова передача – черв'ячний редуктор
9	Двигун – ланцюгова передача – конічний редуктор
10	Двигун – клинопасова передача – циліндричний редуктор
11	Двигун – клинопасова передача – черв'ячний редуктор
12	Двигун – клинопасова передача – конічний редуктор
13	Двигун – клинопасова передача – черв'ячний редуктор
14	Двигун – ланцюгова передача – конічний редуктор
15	Двигун – ланцюгова передача – циліндричний редуктор
16	Двигун – клинопасова передача – конічний редуктор
17	Двигун – ланцюгова передача – циліндричний редуктор
18	Двигун – клинопасова передача – конічний редуктор
19	Двигун – ланцюгова передача – циліндричний редуктор
20	Двигун – ланцюгова передача – черв'ячний редуктор

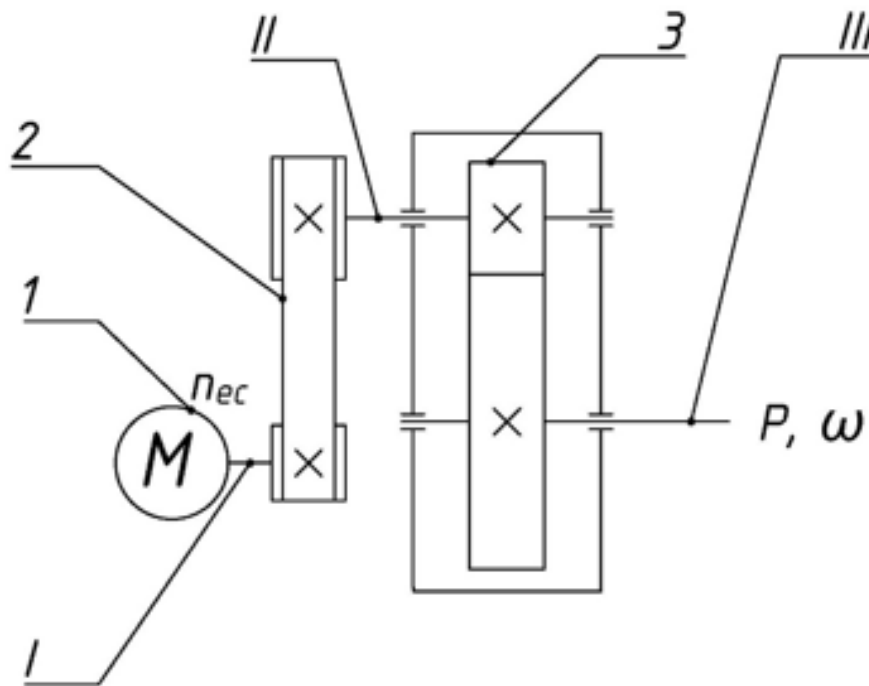


Рис. 1.1. Кінематична схема приводу технічного засобу:

1 –привідний двигун; 2 – пасова передача; 3 – циліндрична зубчаста передача; I – ведучий вал; II – проміжний вал; III – ведений вал приводу технічного засобу

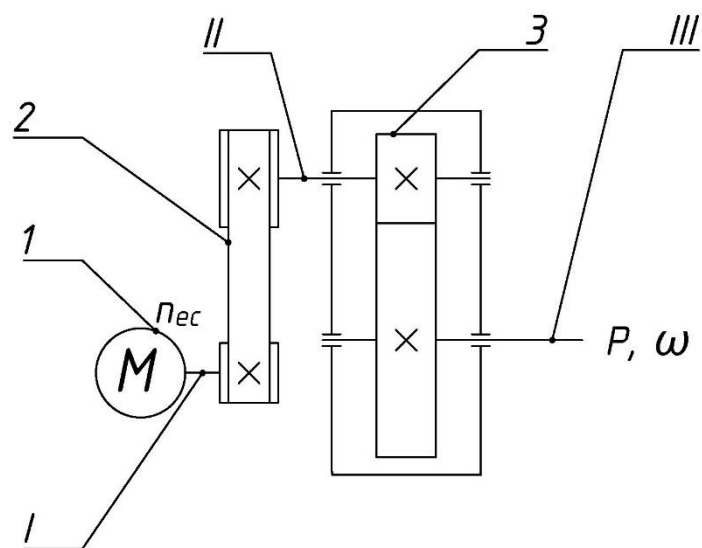
2. Побудова кінематичної схеми приводу в AutoCAD

Перед початком розрахунку необхідно накреслити кінематичну схему приводу відповідно до ДСТУ EN ISO 3952:2018.

Виконати простановку номерів позицій на кінематичній схемі по напрямку потоку потужності і номери валів, починаючи від вала двигуна і закінчуючи веденим валом, відповідно до номера вашого варіанту.

На кресленні розписати номер позиції і елемент, який він позначає на кінематичній схемі.

Оформити креслення відповідно до ЄСКД (рис. 2.1) і зберегти його у форматі PDF.



- 1 - електродвигун;
- 2 - клинопасова передача;
- 3 - циліндричний редуктор.

- I - перший вал приводу(вал двигуна);
- II - другий вал приводу;
- III - третій вал приводу(ведений).

					Контрольна робота			
					Кінематична схема приводу	Літ.	Маса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Дьяченко О.С.							
Перев.	Чорний М.М.							
Т.контр.					Лист	Листів		
Н.контр.					Назва і номер групи			
Чтв.								

Формат А4

Рис. 2.1. Приклад листа, оформленого згідно з ЄСКД з кінематичною схемою приводу

3. Кінематичний та силовий розрахунок приводу в MathCAD

Після того, як накреслено кінематичну схему приводу, виконують кінематичний та силовий розрахунок приводу. Основним кінематичним параметром механічних передач є передаточне відношення[1]. До силових параметрів відносять крутний момент, потужність, частоту обертання. Для визначення кінематичних та силових параметрів механічного приводу визначають передаточне відношення і загальний коефіцієнт корисної дії приводу.

Загальний коефіцієнт корисної дії(ККД) приводу є добутком ККД елементів, які входять до його складу, в яких має місце втрати механічної енергії[2]:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n, \quad (3.1)$$

де $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ – коефіцієнти корисної дії елементів, які входять до складу приводу(підшипників, зубчастих передач та інше) (див. дод. Б).

Потужність електродвигуна, яка потрібна для приведення механічного приводу технічного засобу у дію, кВт:

$$P_{\text{ед.п}} = \frac{P}{\eta_{\text{заг}}}. \quad (3.2)$$

Найбільшого розповсюдження у промисловості отримали трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором,. Такі двигуни мають простішу конструкцію, меншу вартість і мінімальні потреби в обслуговуванні порівняно з іншими електродвигунами, а також дають змогу включення у мережу змінного струму напрямку без проміжних перетворюючих пристроїв. До таких електродвигунів відносять двигуни серії 4А, які наведені у таблиці (див.дод. В).

У процесі навантаження електродвигун зменшує частоту обертання ротора внаслідок електричного ковзання, тому номінальна частота обертання $n_{\text{ен}}$ ротора при номінальному навантаженні стає менше синхронної $n_{\text{ес}}$ на 2...5%.

Через перевантаження електродвигуна існує вірогідність його виходу із працездатного стану внаслідок перегріву, однак електродвигуни цього виконання допускають завантаження до 112%[3]. Тобто $P_{\text{ед.н}} \geq (1,0...1,12) \cdot P_{\text{ед}}$. Тому обирають найближче менше за $P_{\text{ед.н}}$ значення потужності електродвигуна $P_{\text{ед}}$ з номінальною частотою $n_{\text{ен}}$.

Після підбору двигуна обраховується рівень його завантаження за формулою, %:

$$\beta = \frac{P_{едп}}{P_{ед}} \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

У випадках коли завантаження понад 112 %, потрібно обрати двигун більшої потужності.

Загальне передаточне відношення привода $u_{заг}$ визначається як відношення номінальної частоти обертання ротора $n_{ен}$ двигуна до частоти обертання n веденого вала механічного привода:

$$u_{заг} = \frac{n_{ен}}{n}. \quad (3.4)$$

Загальне передаточне відношення привода є добутком від перемноження передаточних відношень передач u_1, u_2, \dots, u_n , які входять до його складу:

$$u_{заг} = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n. \quad (3.5)$$

Тому надалі отриману величину загального передаточного відношення розподіляють по ступенях привода.

Попереднє передаточне відношення клинопасової або ланцюгової передачі (перший ступінь) u_i^0 бажано приймати з наведеного у табл. 3.1 діапазону зміни таким чином, щоби передаточне відношення редуктора входило у рекомендований діапазон зміни для редукторів (табл.3.1).

Таблиця 3.1

**Рекомендовані значення передаточних відношень
для механічних передач**

Тип передачі	Передаточне відношення		
	Діапазон зміни	Стандартизоване	
		1-й ряд	2-й ряд
Зубчаста в редукторі	3...6		
Відкрита зубчаста:		2,0; 2,5; 3,1; 4,0;	2,24; 2,8; 3,55;
циліндрична	4...6	5,0; 6,3	4,5; 5,6; 7,1
конічна	3...5		
Черв'ячна з однозахідним черв'яком	28...80	8;10;12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50;	9;11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45;
з двозахідним черв'яком	14...40	63; 80; 100	56; 71; 90
Ланцюгова	2...6	-	-
Пасова	2...10	-	-

Попереднє передаточне відношення редуктора (другий ступінь):

$$u_{II}^0 = \frac{u_{\text{заг}}}{u_I^0}. \quad (3.6)$$

Згідно з табл. 3.1 слід прийняти ближче до u_{II}^0 стандартне значення u_{II} .

Остаточне передаточне відношення клинопасової або ланцюгової передачі (перший ступінь):

$$u_I = \frac{u_{\text{заг}}}{u_{II}}. \quad (3.7)$$

Частота обертання валів привода визначається за формулами, об/хв:

$$n_I = n_{\text{ен}}; n_{II} = \frac{n_I}{u_I}; n_{III} = \frac{n_{II}}{u_{II}}. \quad (3.8)$$

Кутова швидкість визначається за формулами, рад/с:

$$\omega_I = \frac{\pi \cdot n_I}{30}; \omega_{II} = \frac{\pi \cdot n_{II}}{30}; \omega_{III} = \frac{\pi \cdot n_{III}}{30}. \quad (3.9)$$

Для перевірки необхідно порівняти кутову швидкість веденого вала за вихідними ω і розрахунковими ω_{III} значеннями. Має бути витримана рівність між ними.

Потужність на валах механічного привода, кВт:

$$P_{III} = P; P_{II} = \frac{P_{III}}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n}; P_I = \frac{P_{II}}{\eta_1 \cdot \dots \cdot \eta_n}. \quad (3.10)$$

Для перевірки необхідно порівняти потужність P_I і $P_{\text{ед.н}}$. Має бути витримана рівність між ними.

Крутні моменти на валах привода визначаємо за формулами, Н·м:

$$T_I = \frac{P_I}{\omega_I}; T_{II} = \frac{P_{II}}{\omega_{II}}; T_{III} = \frac{P_{III}}{\omega_{III}}. \quad (3.11)$$

Список літератури

1. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Ю.С. Рудь. – 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
2. Рашківський В.П. Системи автоматизованого проєктування в машинобудуванні: методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних робіт / Д.О. Міщук, В.П. Рашківський. – Київ : КНУБА, 2016. – 68 с.
3. Житарюк В.Г. Механізми: аналіз та дослідження: навчальний посібник до лабораторного практикуму /В.Г. Житарюк, А.В. Мотрич. – Чернівці: Рута, 2021. – 94 с.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Кафедра машин і обладнання технологічних процесів

Звіт про виконання індивідуального завдання

З компоненти «Основи технічного проєктування»
на тему: «Основи процесів проєктування з використанням систем
проєктування і розрахунків»
Варіант №_

Виконав:
студент групи ____ - ____
П.І.Б. студента
Перевірив:
П.І.Б. викладача

Київ 2024

Значення ККД для механічних передач

Вид передачі	ККД, η
1. Відкрита зубчаста	0,95...0,96
2. Закрита зубчаста	0,97...0,98
3. Підшипники кочення(на обидві пари)	0,99...0,995
4. Підшипники ковзання(на обидві пари)	0,98
5. Плоскопасова	0,95...0,96
6. Клинопасова	0,95...0,97
7. Ланцюгова	0,95...0,96
8. Фрикційна	0,95...0,96
9. Гвинтова	0,90...0,95
10. Кулачкова муфта	0,98...0,99
11. Муфта пружна	0,98...0,99
12. Передача черв'ячна	0,90...0,95

Потужність та частота обертання електродвигунів закритих з обдувом серії 4А (марка/номінальна частота обертання $n_{\text{ен}}$, об/хв)

Потужність, $P_{\text{ед}}$, кВт	Синхронна частота обертання $n_{\text{ес}}$, об/хв			
	3000	1500	1000	750
0,75	4A71A2/2840	4A71B4/1390	4A80A6/915	4A90LA8/700
1,1	4A71B2/2810	4A80A4/1420	4A80B6/920	4A90LB8/700
1,5	4A80A2/2850	4A80B4/1415	4A90L6/935	4A100L8/700
2,2	4A80B2/2850	4A90L4/1425	4A100L6/950	4A112MA8/700
3,0	4A90L2/2840	4A100S4/1435	4A112MA6/955	4A112MB8/700
4,0	4A100S2/2880	4A100L4/1430	4A112MB6/950	4A132S8/720
5,5	4A100L2/2880	4A112M4/1445	4A132S6/965	4A132M8/720
7,5	4A112M2/2900	4A132S4/1455	4A132M6/970	4A160S8/720

Навчально-методичне видання

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Методичні вказівки
до виконання індивідуальної роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка»
галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Укладач **Дьяченко** Олександр Сергійович

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Підписано до друку 26.08. 2024. Формат 60 × 84 _{1/16}.

Ум. друк. арк. 0,93. Обл.-вид. арк. 1,0.

Електронний документ. Вид. № 118/Ш-24

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів

видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002