

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ І ЗАВДАННЯ

до практичних робіт з дисципліни “Прикладна механіка”
частина 4 “Деталі машин”
для студентів заочної форми навчання немеханічних спеціальностей:

2024

Методичні вказівки і завдання до практичних робіт з дисципліни “Прикладна механіка”. Частина 4 “Деталі машин” для студентів заочної форми навчання немеханічних спеціальностей. / Укл.: А.Д. Фурсіна, В.Г. Шевченко, С.Ю. Кружнова, - Запоріжжя: НУЗП. 2024 - 20 с.

Укладачі: А.Д. Фурсіна, доцент, к.т.н.,
В.Г. Шевченко, доцент, к.т.н.
С.Ю. Кружнова, ст. викл.

Рецензент: В.І.Пожуєв, д.т.н.,професор

Відповідальний за випуск *В. Г. Шевченко*, доцент, к.т.н.,
зав. кафедри механіки

Затверджено
на засіданні кафедри механіки
Протокол № 6____
від “ 25_” січня _2024 року

Рекомендовано до видання
НМК БАД факультету
Протокол № 7
від “ 04 ” березня 2024 року

ЗМІСТ

1	ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ	4
2	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	5
3	ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	14
3.1	Контрольна робота №1	9
	<i>Задача 1</i>	10
	<i>Задача 2</i>	11
3.2	Контрольна робота №2	12
	<i>Задача 1</i>	12
	<i>Задача 2</i>	13
	<i>Задача 3</i>	14
	<i>Задача 4</i>	15
	<i>Задача 5</i>	16
	<i>Задача 6</i>	17
	<i>Задача 7</i>	18
	<i>Задача 8</i>	19
	ЛІТЕРАТУРА	20

1 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Розрахунково-графічну роботу треба оформлювати на стандартних аркушах А4(210х297), писати на одній стороні аркуша і залишати поля: ліворуч – 20 мм, праворуч – 15 мм. Аркуші нумерують включаючи і титульний.

Умову кожної задачі слід записувати повністю, необхідні рисунки виконати олівцем, акуратно, без помарок та виправлень. Рішення повинно супроводжуватися стислими, послідовними і грамотними, без скорочення слів, поясненнями і кресленнями. Розрахункові формули приводяться у загальному вигляді, потім в них підставляються числові значення і записується кінцевий результат (із зазначенням одиниць розмірності). Після цього додається послідовна розшифровка і пояснення кожної з величин, яка входить до формули, якщо вона не зустрічалась в попередніх розрахунках.

При розрахунках треба посилатися на використану літературу, список якої приводиться у кінці роботи.

Розрахунково-графічні роботи, що виконані неохайно, без дотримання пред'явлених вимог, або не свого варіанту, не зараховуються.

Студенти, які не виконали розрахунково-графічні роботи та не виправили відмічені рецензентом помилки вважаються боржниками.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Починаючи вивчення прикладної механіки, слід в загальних рисах уявити собі суть теорії, зв'язок з іншими науками, а також застосування різних механізмів, машин, приладів у сучасних умовах.

Машинобудування – це ключова галузь економіки, яка визначає продуктивність праці, якість продукції, темпи технічного прогресу. Збільшення продуктивності машин є основною задачею розвитку машинобудування. Всі машини складаються із деталей, які представляють собою елемент конструкції, виготовлений із однорідного матеріалу без застосування складальних операцій. Сукупність деталей, з'єднаних на підприємстві складальними операціями називається складальною одиницею (вузлом). Складання конструкцій і вузлів із деталей дає змогу використовувати різні матеріали, полегшує їх виготовлення, експлуатацію та ремонт, забезпечує можливість їхньої нормалізації та стандартизації, виготовлення на спеціальних заводах, тощо. Кількість деталей в різних машинах нараховується від десятків до сотень і навіть сотні тисяч для великих виробів. Не залежно від конструктивного призначення машин, деталі та вузли в них в основному однакові. А тому доцільно було вивчення питань розрахунку, проєктування та конструювання деталей проводити на етапі загальноінженерної підготовки в курсах «Деталі машин» та «Прикладна механіка». Таким чином, «Деталі машин» - це наукова дисципліна, яка містить теорію, розрахунок та конструювання деталей загального призначення. Деталі спеціального призначення розглядаються в спеціальних дисциплінах. До таких деталей належать, наприклад, лопатки турбін, пропелери літаків, гребні гвинти суден та інше.

«Прикладна механіка» є комплексною загальноінженерною дисципліною, для немеханічних спеціальностей закладів вищої освіти, вона включає в себе основні положення теорії механізмів і машин, опору матеріалів та деталей машин.

Основні задачі дисципліни вивчити загальні основи побудови машин, механізмів і деталей, основи проєктування деталей і механізмів машин, вибір матеріалів, основи міцності простих силових елементів конструкцій; придбати початкові конструкторські навички; ознайомитись із основами стандартизації та взаємозамінності.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен: знати основні положення опору матеріалів, теорії механізмів і машин; уміти робити необхідні розрахунки і конструктивні розробки для покращення виробничих процесів. Для закріплення теоретичних знань студенти виконують розрахунково-графічні роботи, які концентрують їхню увагу на найбільш важливих аспектах.

В цих методичних вказівках розглядаються питання розділу «Деталі машин», частини курсу, який вивчається після засвоєння питань кінематики і динаміки точки та твердого тіла. Це сприяє якісному засвоєнню матеріалу про деталі машин і механізмів.

Основи проєктування деталей

Слід засвоїти основні критерії працездатності при розрахунку деталей машин. Необхідно знати основні матеріали, які використовуються у машинобудуванні, їх марки, механічні властивості і галузь застосування. З'ясувати основи взаємозамінності, допуски і посадки та їх практичне застосування.

Необхідно знати спосіб виготовлення деталей (кування, штампування, відливка, зварювання і таке інше).

Питання для самоперевірки

1. Перерахуйте основні критерії працездатності деталей.
2. Від яких чинників залежить запас міцності і допустиме напруження у машинобудуванні?
3. Які види термічної і хіміко-термічної обробок металів застосовуються у практиці машинобудування?
4. Значення стандартизації у машинобудуванні.
5. Як визначають запас міцності і допустиме напруження при статичних і змінних навантаженнях?
6. Які цілі переслідує стандартизація відхилень і допусків?
7. Як умовно позначити на кресленнях відхилення у системі вала і системі отвору?

Зубчасті передачі

З'ясуйте, які сили діють в зачепленні прямозубої, косозубої і шевронної циліндричної і прямозубої конічної передач; види руйнування; схему навантаження на зубець прямозубого колеса; метод виве-

дення формули розрахунку на згин і контактну міцність при проєктних і перевірочних розрахунках зубчастих передач. Треба ознайомитись із рекомендаціями по виборі степені точності зубчастих передач.

Треба засвоїти зв'язок між основними силовими і кінематичними параметрами зубчастих передач.

Питання для самоперевірки

1. Переваги і недоліки зубчастих передач.
2. Основні види руйнування зубців коліс і критерії працездатності.
3. В яких випадках застосовують прямозубі, косозубі, шевронні і конічні передачі?
4. Якими міркуваннями керуються у виборі матеріалів для зубчастих коліс?
5. Що називається редуктором?
6. Переваги і недоліки планетарних передач у порівнянні з іншими зубчастими передачами?
7. За якими формулами визначають допустимі контактні напруження і напруження від згинання із врахуванням режиму навантаження та строку служби передачі?
8. Які чинники враховують при призначенні ступеню точності передачі?

Черв'ячні передачі

Треба уявити конструкції черв'ячних передач, їх переваги, недоліки і галузь застосування; кінематику передачі; визначення сил, діючих у зачепленні; виведення формули ККД при ведучому черв'яку; основні критерії працездатності і розрахунку; виведення формул перевірочного і проєктного розрахунків робочої поверхні зубців колеса на контактні напруги і на згин для тихохідних черв'ячних передач; як перевіряється тіло черв'яка на міцність і жорсткість; розрахунок черв'ячного редуктора на нагрів; застосування штучного охолодження.

Питання для самоперевірки

1. Переваги і недоліки черв'ячної передачі у порівнянні із зубчастою.
2. Основні види і причини руйнування робочих поверхонь зубців черв'ячного колеса.
3. В яких випадках у черв'ячних передачах застосовується проєктний розрахунок зубців на згинання?

4. За якими формулами визначають номінальні (базові) допустимі контактні напруження і напруження від згинання для бронзових черв'ячних коліс?

Осі та вали

Необхідно знати за якими формулами виконують проєктний і перевірочний розрахунки валів та осей на міцність. Розрахунки валів та осей слід супроводжувати розрахунковою схемою навантажень у площинах і епюрами обертальних і згинаючих моментів.

Питання для самоперевірки

1. За якими критеріями міцності розраховують вали?
2. Які деформації виникають у нерухомих і обертаючих осях та валах?
3. Яка методика проєктного і перевірочного розрахунків валів на статичну міцність і витривалість?
7. Від чого залежить вибір посадки підшипників кочення на вали та у гнізда корпусів опор?
8. Які посадки застосовують для сполучення вала із внутрішнім кільцем, а також зовнішнього кільця із корпусом і як вони позначаються на вузловому кресленні?

3 ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

3.1 Контрольна робота №1

Умова задачі Для зубчастої передачі, зображеної на схемі, визначити:

- передаточне відношення між вхідною і вихідною ланками;
- кутову швидкість вихідної ланки;
- загальний ККД передачі;
- приведений момент рухомих сил за час $t=10$ с, якщо $I_{зв}=const..$

Методичні вказівки до задачі

• Схему механізму слід креслити після запису умови задачі. В зубчастій передачі вхідна ланка має кутову швидкість ω_1 . У таблицях даних величин z - кількість зубців коліс - приведена із індексом, відповідним їх номеру на схемі механізму; $I_{зв}$ - зведений момент інерції до ведучої ланки; M_0 - зведений момент сил опору.

• Для розрахунку прийняти такі значення ККД (враховуючого втрати у зачепленні і у підшипниках): для пари циліндричних коліс $\eta_u=0,97$; для пари конічних коліс $\eta_k=0,95$; для планетарної передачі із зовнішнім зачепленням її коліс $\eta_n=0,95$, а якщо вона має внутрішнє зачеплення однієї із пар, то $\eta_n=0,96$

• Для розв'язання задачі необхідно визначити, із яких типів передач складається задане складне сполучення зубчастих коліс, уміти знаходити планетарну передачу із її характерними ланками - водилом і сателітами. Відсутню кількість зубців визначити із умови співвісності планетарної передачі.

Задачу слід розв'язувати у такій послідовності:

- а) із умови співвісності планетарної передачі визначити відсутню кількість зубців;
- б) знайти передаточне відношення кожної ступені;
- в) визначити передаточне відношення між вхідною і вихідною ланками;
- г) визначити кутову швидкість вихідної ланки;
- д) визначити загальний ККД передачі;
- е) визначити кутове прискорення ведучої ланки;
- ж) визначити зведений момент рухомих сил.

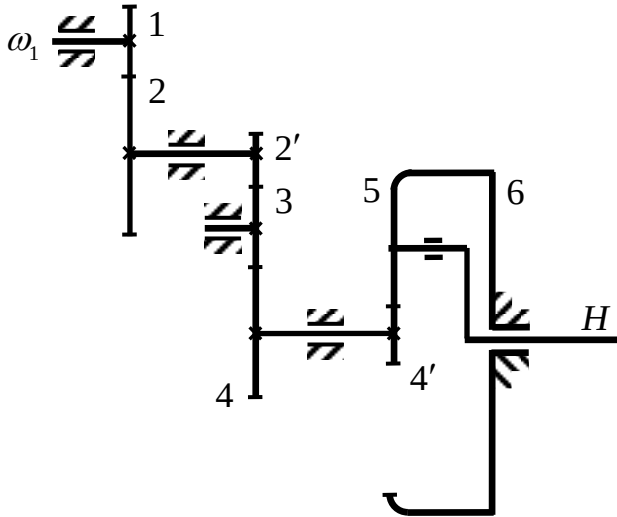
Задача 1

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.1 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	14	16	15	14	18	17	14	14	16	15
z_2	26	28	30	20	24	34	20	24	30	20
z_2'	15	14	14	15	15	17	15	14	15	14
z_4	43	40	38	36	26	24	21	28	20	20
z_4'	-	19	18	14	-	15	16	14	-	15
z_5	40	-	26	-	25	-	22	-	22	-
z_6	100	69	-	58	68	57	-	56	58	57
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	100	350	200	150	250	300	250	240	180	280
$I_{3\theta}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
$M_0, \text{Нм}$	2	3	4	5	4	3	2	3	4	5

Задача 2

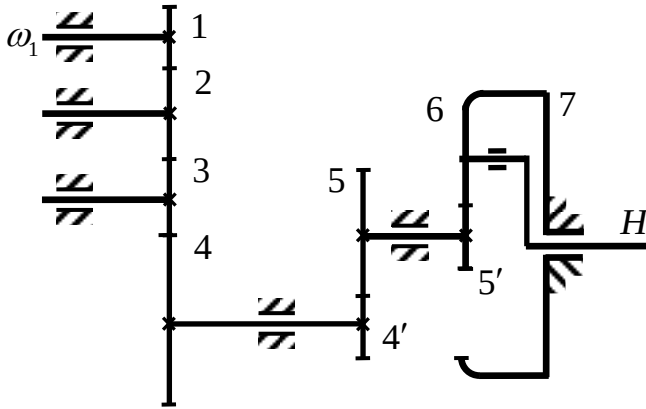


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.2 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	14	15	18	15	14	17	19	15	14	20
z_4	30	21	30	20	21	28	26	25	26	30
$z_{4'}$	14	15	14	16	17	16	18	15	14	18
z_5	26	30	21	23	24	24	30	27	26	24
$z_{5'}$	-	18	14	15	-	15	16	14	-	15
z_6	25	-	22	-	57	60	63	-	30	-
z_7	70	60	-	57	60	63	-	66	75	85
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	150	200	350	250	240	220	180	400	280	210
$I_{36}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
$M_0, \text{Нм}$	2	3	4	5	4	3	2	3	4	5

3.2 Контрольна робота №2

Задача 1

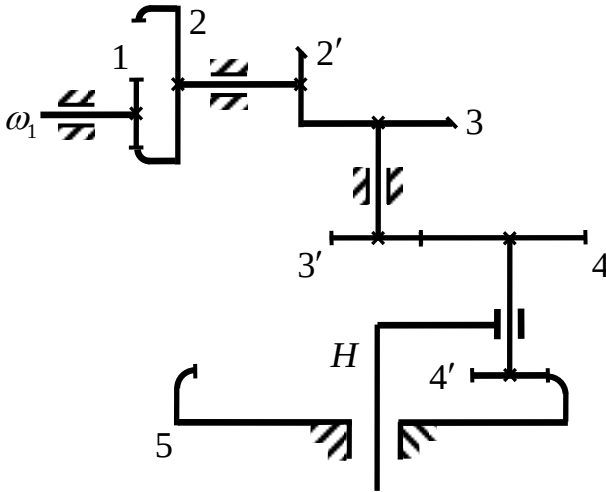


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.3 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	20	22	22	21	25	26	21	21	22	22
z_2	62	60	50	60	38	36	55	60	45	50
z_2'	15	17	16	15	14	16	17	18	14	18
z_3	28	30	24	26	24	30	32	26	29	24
z_3'	-	16	18	15	20	20	-	23	17	16
z_4	25	-	28	26	30	-	38	-	27	40
z_4'	22	21	-	20	-	22	22	21	-	20
z_5	62	61	67	-	70	82	84	74	64	-
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	180	250	200	150	300	350	280	400	320	240
$I_{36}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	4.0	4.5	5.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5
$M_0, \text{Нм}$	3	4	5	6	5	4	3	2	3	4

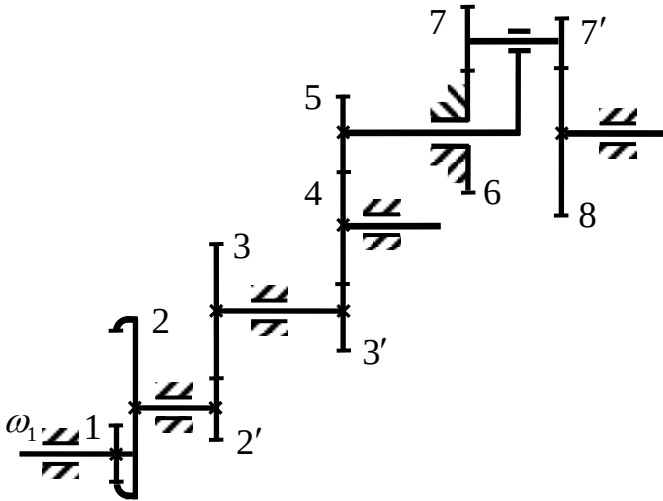
Задача 2

Рисунок 3.4 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.4 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	20	21	22	23	24	25	26	27	30	29
z_2	65	56	46	42	40	37	36	40	40	39
z_2'	14	15	17	15	16	17	16	20	15	20
z_3	26	30	26	28	23	25	24	31	32	29
z_3'	15	14	13	16	15	16	15	22	21	19
z_5	25	24	20	22	21	23	22	30	31	29
z_6	20	21	25	-	19	20	17	18	30	-
z_7	21	20	-	25	-	19	18	17	-	30
z_7'	20	-	25	26	19	-	17	-	30	31
z_8	-	20	26	25	20	19	-	17	31	30
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	200	300	150	350	100	225	280	120	260	300
$I_{36}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	2.0	4.0	6.0	8.0	6.0	4.0	2.0	4.0	6.0	8.0
$M_0, \text{Нм}$	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2

Задача 3

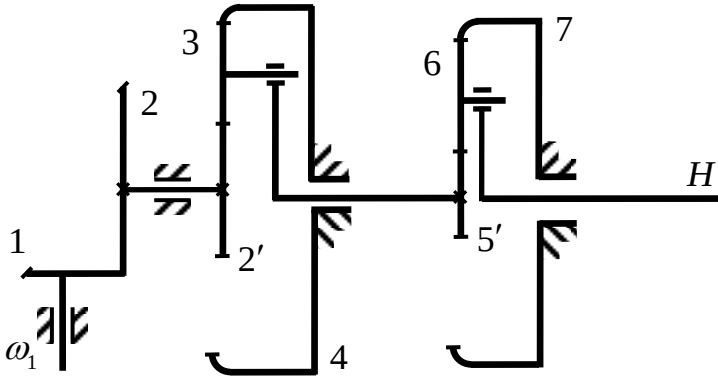


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.5 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	15	16	14	14	13	18	17	16	19	18
z_2	25	30	20	27	24	39	27	31	28	25
z_2', z_5'	-	20	20	25	-	18	30	28	-	40
z_3, z_6	20	-	40	-	36	-	20	-	20	-
z_4, z_7	61	80	-	65	94	66	-	68	75	80
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	250	300	120	280	320	250	180	400	360	320
$I_{зв}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0
$M_0, \text{Нм}$	6	5	4	3	2	3	4	5	6	1

Задача 4

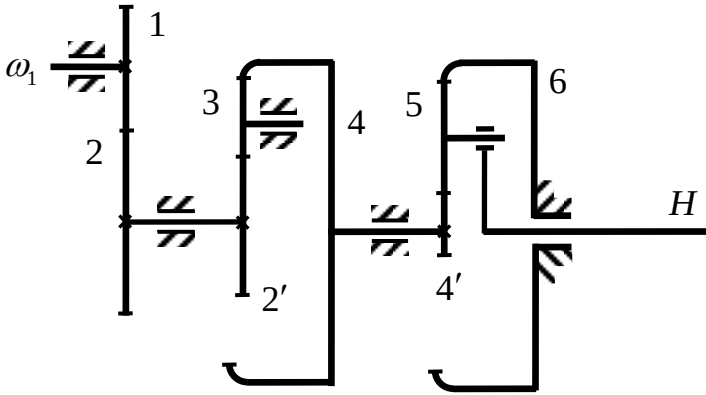


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.6 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	18	14	18	14	18	16	19	14	17	15
z_2	25	19	31	21	27	30	28	24	32	24
z_2', z_4'	-	34	29	30	-	25	20	20	-	30
z_3, z_5	20	-	21	-	20	-	30	-	30	-
z_4, z_6	82	74	-	72	61	67	-	100	35	70
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	200	300	150	150	220	400	350	240	240	260
$I_{зб}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$M_0, \text{Нм}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Задача 5

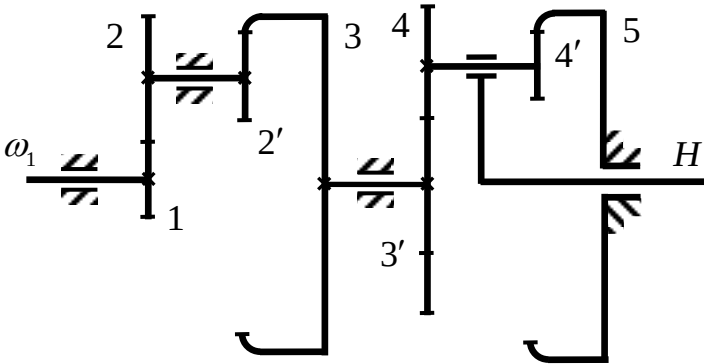


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.7 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1, z_3'	-	18	16	14	19	22	-	24	23	20
z_2, z_4	28	-	40	26	36	-	25	-	30	40
z_2', z_4'	20	22	-	21	-	26	20	22	-	22
z_3, z_5	68	70	76	-	79	84	62	84	74	-
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	280	340	260	300	240	200	180	220	130	320
$I_{\text{зв}}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
$M_0, \text{Нм}$	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6

Задача 6

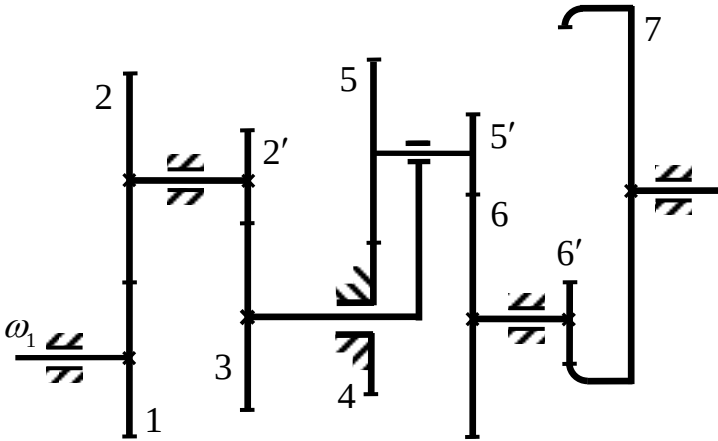


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.8 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	20	16	18	16	20	21	18	25	14	22
z_2	21	24	28	28	30	28	30	26	22	23
z_2'	20	18	15	16	18	17	16	25	16	22
z_3	21	30	32	24	28	30	26	26	26	23
z_4	-	21	31	29	32	31	-	26	28	22
z_5	21	-	30	30	31	-	25	-	27	23
z_5'	20	21	-	29	-	31	24	26	-	22
z_6	21	22	30	-	31	32	25	25	27	-
z_6'	20	24	23	22	25	30	28	26	29	32
z_7	65	40	42	45	37	40	37	38	39	42
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	400	250	350	280	300	320	290	320	380	150
$I_{38}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	7.0	8.0	9.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
$M_0, \text{Нм}$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

Задача 7

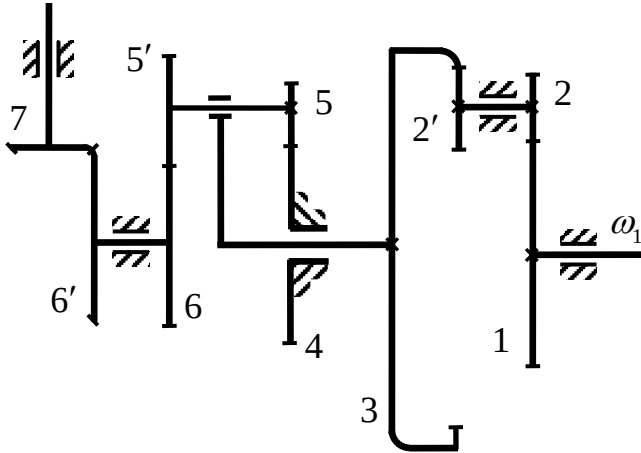


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.9 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
z_2	52	60	70	75	80	65	60	72	74	69
z_2'	17	18	14	15	16	17	16	18	20	17
z_3	51	72	84	75	80	68	64	90	75	85
z_4	-	60	48	49	45	46	-	55	58	65
z_5	17	-	22	19	23	-	16	-	21	23
z_5'	18	20	-	20	-	18	17	20	-	24
z_6	44	59	49	-	46	48	52	56	60	-
z_6'	36	35	38	39	40	41	42	43	45	46
z_7	40	45	50	60	70	65	75	55	56	80
ω_1, c^{-1}	100	120	130	140	150	160	170	180	190	200
$I_{зв}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	3.0	2.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
$M_0, \text{Нм}$	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5

Задача 8

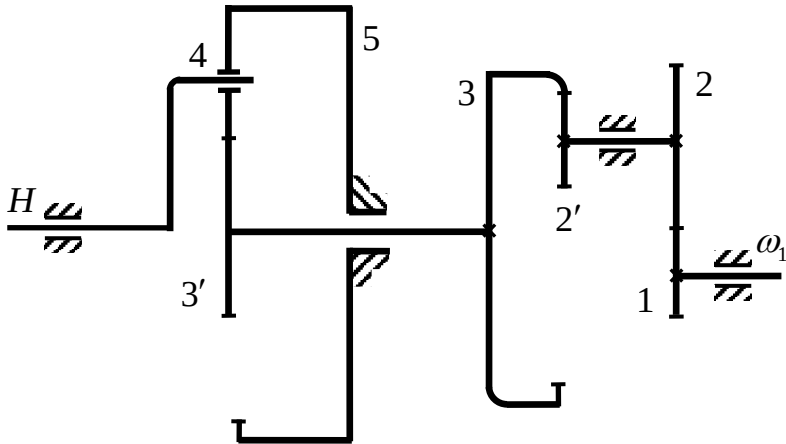


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема до задачі

Таблиця 3.10 - Числові дані до задачі

Величина	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z_1	17	18	19	20	14	15	16	17	21	22
z_2	51	52	53	54	60	70	65	75	68	72
z_2'	14	15	16	17	20	19	18	14	15	16
z_3	72	74	76	60	62	68	64	70	65	64
z_3'	-	16	15	14	-	20	19	18	-	17
z_4	22	-	23	-	25	-	26	-	28	-
z_5	60	65	-	62	70	75	-	72	74	80
$\omega_1, \text{с}^{-1}$	100	120	200	250	150	180	220	300	350	175
$I_{36}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	4.0	5.0	6.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	3.0
$M_0, \text{Нм}$	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4

ЛІТЕРАТУРА

1. Артоболевський І.І. Теорія механізмів і машин. – К.: Укрдерж-видав техн. літ-ри, 1954. – 696 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка, 2002. – 467 с.
3. Свердан П.Л. Вища математика. Математичний аналіз і теорія ймовірності / П.Л. Свердан. – К. : Знання, 2008. – 450 с.
4. Курсове проєктування з теорії механізмів і машин: підручник / О.С. Кореняко та ін., за ред. О.С. Кореняка, – Київ: Вища школа, 1993. – 332 с.
5. Rattan S.S. Theory of Machines. – New Delhi: Tata McGaw Hill Education Private Limited, 2009. – 732 p.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В.Л. Дикань, Ю.Є. Калабухін, Н.Є. Каличева та ін., за заг. ред. В.Л. Диканя, – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.