

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

Лабораторний практикум

для студентів напрямів підготовки
6.051101 «Авіа- та ракетобудування»,
6.070103 «Обслуговування повітряних суден»

(прізвище, ім'я та по-батькові студента)

(факультет)

(група)

Київ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА СТУПЕНІВ ВІЛЬНОСТІ ТА СТРУКТУРИ ПЛОСКИХ МЕХАНІЗМІВ

МЕТА РОБОТИ: Ознайомлення з класифікацією кінематичних пар просторових та плоских механізмів. Вивчення умовних зображень кінематичних пар та ланок плоских механізмів. Набуття практичних навичок креслення схем плоских механізмів. Дослідження характеру руху окремих ланок та визначення числа степенів вільності плоских механізмів. Засвоєння метода заміни вищих кінематичних пар нижчими і побудови структурних схем. Набуття практичних навичок визначення структури плоских механізмів з кінематичними парами 1-го і 2-го родів.

Число степенів вільності плоского механізму визначають за формулою П. Л.Чебишева:

$$W = 3n - 2p_1 - 1 p_2.$$

Для прикладу визначимо степінь вільності плоского газорозподільного механізму двигуна вертольота (рис. 1.1).

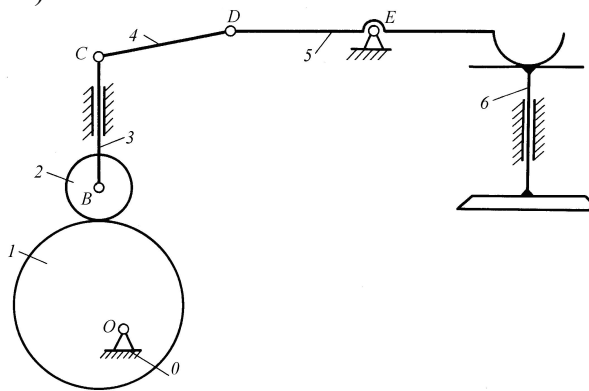


Рис. 1.1. Газорозподільний механізм двигуна вертольота

Задачу розв'язуємо у такій послідовності.

1. Нумеруємо всі рухомі ланки механізму і визначаємо їх загальну кількість. Цифрою 1 будемо позначати ту ланку, якій задають примусовий рух, а цифрою 0 – нерухому ланку. Як видно з рис. 1.1, механізм має всього 6 ланок, тобто $n = 6$.

2. Визначаємо рід, вид та кількість кінематичних пар, які утворюють ланки механізму. Позначаємо літерами центри обертальних пар.

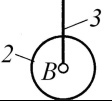
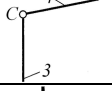
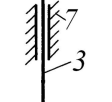


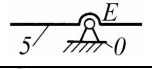
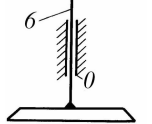
Ланки 7 і 0, 2 і 3, 3 і 4, 4 і 5, 5 і 0 утворюють пари 1-го роду (обертальні). Ланки 3 і 0, 6 і 0 – пари 1-го роду (поступальні). Ланки 1 і 2, 5 і 6 – пари 2-го роду (виду ОП).

Отже, в механізмі число пар 1-го роду дорівнює 7, число пар 2-го роду дорівнює 2, тобто $p_1 = 7, p_2 = 2$.

3. Складаємо запис структури механізму. Цей запис робимо в стовпчик у тій же послідовності, у якій групи ланок нумерували. Отже, запис механізму матиме такий вигляд, поданий у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Номери ланок / тип КП	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Контакт між ланками КП	Позначення центру обертання
0 і 1 обертальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	O
1 і 2 ОП		2 / 4	По лінії (вища КП)	–

Номери ланок / назва	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Контакт між ланками КП	Позначення центру обертання
2 і 3 обертальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	<i>B</i>
3 і 4 обертальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	<i>C</i>
3 і 0 поступальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	–
4 і 5 обертальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	<i>D</i>
5 і 6 ОП		2 / 4	По лінії (вища КП)	–
5 і 0 обертальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	<i>E</i>
6 і 0 поступальна		1 / 5	По поверхні (нижча КП)	–

4. Визначаємо степінь вільності механізму за формулою П. Л.Чебишева:

$$W = 3n - 2p_1 - 1p_2 = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 7 - 1 \cdot 2 = 2.$$

З одержаного результату видно, що всі ланки досліджуваного механізму будуть мати цілком визначені рухи в тому випадку, якщо примусові рухи будуть задані двом ланкам механізму. У той же час, уважно розглянувши схему і дослідивши роботу механізму, бачимо, що положення ланки *б* (клапана) цілком визначається положенням тільки ланки *1* (кулачка) – будь-якому положенню ланки *1* буде відповідати визначене положення ланки *б*. Отже, механізм працюватиме так, ніби він має один степінь вільності ($W = 1$). Це зумовлено тим, що ролик (ланка *2*) має круглу форму і його вісь обертання збігається з геометричною віссю. Тому обертання ролика не впливає на положення клапана і є зайвим ступенем вільності, а сам ролик є **пасивною** ланкою. У механізм ролик уведено для зменшення сил тертя і спрацювання ланок. Якби ролик був не круглим або при круглій формі вісь обертання не збігалася б із його геометричною віссю, то положення клапана *б* залежало б як від положення кулачка *1*, так і від положення ролика *2*. У цьому разі для одержання цілком визначеного руху ланки *б* треба було б задавати примусовий рух двом ланкам (кулачка і ролика).

Виконання лабораторної роботи

Завдання 1

- 1.1. Вивчити роботу механізму та дослідити характер руху його ланок.
- 1.2. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки.



Схема механізму

1.3. Визначити рід і вид кінематичних пар, які утворюють ланки механізму. Позначити літерами центри обертальних кінематичних пар. Результати занести до табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Номери ланок / назва	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Вид контакту / замикання	Позначення центру обертання

1.4. Визначити загальну кількість кінематичних пар 1-го та 2-го родів. Обчислити степінь вільності механізму. Результати занести до табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Степінь вільності механізму за формулою П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

Завдання 2

2.1. Вивчити роботу механізму та дослідити характер руху його ланок.

2.2. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки.

2.3. Визначити рід і вид кінематичних пар, які утворюють ланки механізму. Позначити літерами центри обертальних кінематичних пар. Результати занести до табл. 1.4.

2.4. Визначити загальну кількість кінематичних пар 1-го та 2-го родів. Обчислити степінь вільності механізму. Результати занести до табл. 1.5.



Схема механізму

Таблиця 1.4

Номери ланок / назва	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Вид контакту / замикання	Позначення центру обертання

Таблиця 1.5

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Степінь вільності механізму за формулою П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

Завдання 3

3.1. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки.

3.2. Визначити рід і вид кінематичних пар, які утворюють ланки механізму. Позначити літерами центри обертальних кінематичних пар. Результати занести до табл. 1.6.

3.3. Визначити загальну кількість кінематичних пар 1-го та 2-го родів. Обчислити степінь вільності механізму. Результати занести до табл. 1.7.



Схема механізму

Таблиця 1.6

Номери ланок / назва	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Вид контакту / замикання	Позначення центру обертання

Номери ланок / назва	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Вид контакту / замикання	Позначення центру обертання

Таблиця 1.7

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Степінь вільності механізму за формулою П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

Завдання 4

4.1. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки.

4.2. Визначити рід і вид кінематичних пар, які утворюють ланки механізму. Позначити літерами центри обертальних кінематичних пар. Результати занести до табл. 1.8.

4.3. Визначити загальну кількість кінематичних пар 1-го та 2-го родів. Обчислити степінь вільності механізму. Результати занести до табл. 1.9.



Схема механізму

Таблиця 1.8

Номери ланок / назва	Схематичне зображення КП	Рухомість (рід) / клас	Вид контакту / замикання	Позначення центру обертання

Продовження табл. 1.8

Ланки, які утворюють КП	Схематичне зображення КП	Рід КП	Вид КП	Позначення центру обертання

Таблиця 1.9

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Степінь вільності механізму за формулою П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

Висновки: _____

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Питання для допуску до виконання та захисту лабораторної роботи

1. Основні визначення: машина, механізм, ланка, деталь, кінематична пара.
2. Класифікація кінематичних пар за родами (за В. В. Добровольським).
3. Класифікація кінематичних пар за класами (за І. І. Артоблевським).
4. Класифікація кінематичних пар за характером дотику (за Ф. Рело).
5. Умовні зображення кінематичних пар і ланок плоских механізмів.
6. Визначення числа степенів вільності механізму.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ПЛОСКИХ МЕХАНІЗМІВ

МЕТА РОБОТИ: Закріплення навичок креслення схем плоских механізмів і визначення їх степеня вільності. Засвоєння метода заміни вищих кінематичних пар нижчими і побудови структурних схем. Набуття практичних навичок визначення структури плоских механізмів з кінематичними парами 1-го і 2-го родів.

Визначити **структуру механізму** – означає встановити, з яких груп ланок складається даний механізм та в якому порядку ці групи ланок приєднуються одна до одної.

На групи Ассура можна поділяти тільки ті механізми, в яких ланки утворюють кінематичні пари 1-го роду (обертальні і поступальні). Механізм із парами 2-го роду можна поділяти на структурні групи тільки після заміни його еквівалентним механізмом з парами 1-го роду. Тому в механізмі з парами 2-го роду спершу треба замінити кожну пару 2-го роду парами 1-го роду. У результаті заміни в механізмі пар 2-го роду парами 1-го роду одержують так звану **структурну схему механізму** (замінний механізм).

Поділ механізму на групи ланок проводять шляхом послідовного відокремлення від нього найбільш віддалених від початкової ланки груп Ассура. При цьому більш простий механізм, який залишатиметься після відокремлення кожної групи Ассура, буде мати той же степінь вільності, що й вихідний (початковий) механізм.

Запис структури механізму проводять шляхом перерахунку всіх груп ланок у порядку їх відокремлення від механізму.

Розглянемо приклад визначення структури кулачкового механізму діафрагмового паливного насоса.

Задачу розв'язуємо у такій послідовності.

1. Креслимо схему механізму, нумеруємо всі ланки механізму, позначаємо літерами центри обертальних кінематичних пар (рис. 2.1, а).
2. Замінюємо пари 2-го роду парами 1-го роду і креслимо структурну схему механізму (рис. 2.1, б).

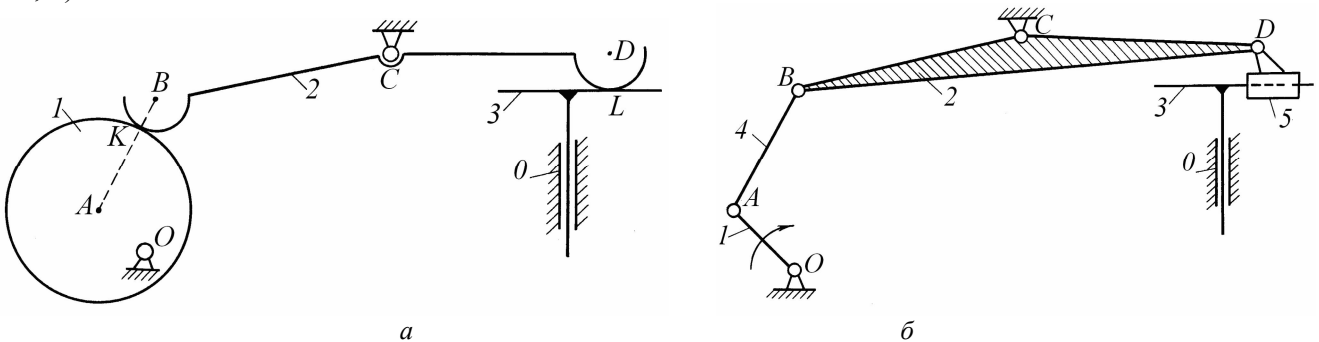


Рис. 2.1. Кулачковий механізм діафрагмового паливного насоса:
а – схема механізму; б – структурна схема механізму

У механізмі ланки 1 і 2 утворюють пару 2-го роду і дотикаються в точці K криволінійними профілями. При заміні цієї пари будемо мати додаткову ланку 4 з двома обертальними парами A і B , центри яких будуть знаходитись у центрах кривизни криволінійних профілів. Ланки 2 і 3 також утворюють пару 2-го роду і дотикаються в точці L прямолінійним і криволінійним профілями. При заміні цієї пари будемо мати додаткову ланку 5 з обертальною і поступальною парами. Центр D обертальної пари буде знаходитись у центрі кривизни криволінійного профілю ланки 2. Напрямою поступальної пари буде прямолінійний профіль ланки 3.

На структурній схемі (рис. 2.1, б) ланка 1 (кулачок), яка є кривошипом, зображена у вигляді прямої OA . Ланка 2, яка входить до складу трьох обертальних пар B , C і D , що не лежать на одній прямій, зображена заштрихованим трикутником.

3. Визначаємо степінь вільності механізму, зображеного на рис. 2.1, а. Для цього нумеруємо всі рухомі ланки механізму і визначаємо їх кількість: $n = 5$. Ланки на структурній схемі рекомендується нумерувати тими ж цифрами, що й на схемі механізму, а додаткові ланки – наступними цифрами. Визначаємо також число кінематичних пар: $p_1 = 7$; $p_2 = 0$.

За формулою П. Л.Чебишева одержимо:

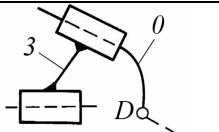
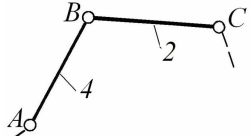
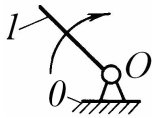
$$W = 3n - 2p_1 - 1p_2 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 1 \cdot 0 = 1.$$

Отже, механізм має одну початкову ланку (ланку 1), обертальний рух якої перетворюється на зворотно-поступальний рух ланки 3 (клапана). На схемі початкову ланку позначаємо стрілкою.

4. Визначаємо структуру механізму. Найбільш віддаленою від початкової ланки є група Ассура, складена з двох ланок 3 і 5 та трьох кінематичних пар (обертальної D і двох поступальних). Ця група ланок є групою Ассура 2-го класу, 2-го порядку (діадою 5). Наступна група Ассура, яка складається з двох ланок 2 і 4 та трьох обертальних пар A , B і C , є групою Ассура 2-го класу, 2-го порядку (діадою 1). Ланки 1 і 0 є механізмом I класу (початковий механізм).

Отже, запис структури механізму матиме такий вигляд (табл. 2.1):

Таблиця 2.1

Ланки в порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи
ланки 3 і 5	– два поступальні та обертальний рух (ППО)	– група Ассура 2-го класу, 2-го порядку діада 4	
ланки 2 і 4	– три обертальні рухи (ООО)	– група Ассура 2-го класу, 2-го порядку діада 1	
ланки 1 і 0	–	– механізмом I класу (початковий механізм)	

Запис структури I кл. (0, 1) – II кл. діада 1 (4, 2) – II кл. діада 5 (3, 5).

Виконання лабораторної роботи

Завдання № 1. (Механізм 1 з лабораторної роботи 1).

1.1. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки. Результати занести до табл. 2.2.

Схема механізму	Структурна схема механізму
-----------------	----------------------------

Таблиця 2.2

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Ступінь вільності механізму по формулі П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

1.2. Розділити механізм на групи Ассура і групу початкових ланок, накреслити групи ланок у порядку їх від'єднання від механізму та скласти запис структури механізму. Результати занести до табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Ланки у порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи

Запис структури

Завдання 2. (Механізм 2 з лабораторної роботи 1).

2.1. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки. Результати занести до табл. 2.4.

Схема механізму	Структурна схема механізму
-----------------	----------------------------

Таблиця 2.4

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Ступінь вільності механізму по формулі П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3(n - 1) - 2p_1 - p_2 =$

2.2. Розділити механізм на групи Ассура і групу початкових ланок, накреслити групи ланок у порядку їх від'єднання від механізму та скласти запис структури механізму. Результати занести до табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Ланки у порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи

Запис структури

Завдання 3.

3.1. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки. Результати занести до табл. 2.6.

Схема механізму	Структурна схема механізму
-----------------	----------------------------

Таблиця 2.6

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Ступінь вільності механізму по формулі П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

3.2. Розділити механізм на групи Ассура і групу початкових ланок, накреслити групи ланок у порядку їх від'єднання від механізму та скласти запис структури механізму. Результати занести до табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Ланки у порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи

Ланки у порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи

Запис структури

Завдання 4.

4.1. Накреслити схему механізму та пронумерувати ланки. Результати занести до табл. 2.7.

Схема механізму	Структурна схема механізму
-----------------	----------------------------

Таблиця 2.7

Число ланок	Число пар 1-го роду	Число пар 2-го роду	Ступінь вільності механізму по формулі П. Л. Чебишева
$n =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$

4.2. Розділити механізм на групи Ассура і групу початкових ланок, накреслити групи ланок у порядку їх від'єднання від механізму та скласти запис структури механізму. Результати занести до табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Ланки у порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи

Ланки у порядку їхнього від'єднання від механізму	Послідовність КП за видами рухів	Структура групи	Графічне зображення структурної групи

Запис структури

Висновки: _____

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Питання для допуску та захисту лабораторної роботи

1. Структура плоских механізмів. Група початкових ланок. Групи Ассура.
2. Двоповідкові та триповідкові групи Ассура.
3. Класифікація груп Ассура.
4. Утворення чотириланкових механізмів.
5. Заміна вищих кінематичних пар плоских механізмів нижчими.
6. Визначення структури плоских механізмів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ

МЕТА РОБОТИ: набути навичок кінематичного дослідження реального шарнірно-важільного механізму.

Теоретичні відомості

До основних кінематичних характеристик механізму відносяться переміщення його ланок і точок, траєкторії руху точок, лінійні швидкості та прискорення точок, кутові швидкості і прискорення ланок і т. ін.

1. Плани положень механізму. Це ряд послідовних зображень кінематичної схеми механізму за цикл його руху при заданих положеннях початкової ланки. З допомогою планів положень будують траєкторії точок, діаграми руху точок і ланок, плани швидкостей і прискорень механізму.

2. Крайні положення механізму. Це такі положення механізму, коли вихідна ланка його знаходиться на початку або в кінці руху. З одним з цих положень суміщають точку відліку величини переміщення вихідної ланки механізму за цикл руху.

3. Плани швидкостей і прискорень.

Планом швидкостей називається креслення, на якому відрізки – це вектори, рівні за модулями і однаково направлені з векторами швидкостей відповідних точок механізму, виконанні у масштабі.

План швидкостей являє собою сукупність планів швидкостей ланок, причому, миттєві центри обертання ланок зведені в одну точку, яка називається **полюсом плану швидкостей**.

Властивості планів швидкостей:

1. З полюса завжди виходять вектори абсолютних швидкостей.
2. Напрямок цих векторів – завжди від полюса.
3. В кінці вектора – точка, яка завжди відповідає точці на ланці.
4. Відрізки плану, які не проходять через полюс, завжди співпадають з відносними швидкостями точок.
5. Напрямок вектора відносної швидкості на плані спрямований від другого індексу до першого.

Планом прискорень називається креслення, на якому відрізки – це вектори, рівні за модулями і однаково направлені з векторами прискорень відповідних точок механізму.

По аналогії з планом швидкостей, план прискорень механізму – це сукупність планів прискорень всіх його ланок, а в **полюсі плану прискорень** об'єднані миттєві центри прискорень кожної ланки.

Властивості планів прискорень аналогічні до властивостей планів швидкостей.

Виконання лабораторної роботи

1. Побудувати кінематичну схему механізму (план механізму в масштабі μ_l) відповідно до завдання. Написати формулу будови механізму. (Данні для розрахунків наведені в Додатку 2).

Вихідні дані:

Розмір ланок, мм: $l_{OA} =$ мм, $l_{AB} =$ мм, $l_{AS2} =$ мм. Частота обертання ланки 1: $n_1 =$ об/хв. Положення механізму для кінематичного дослідження –

Визначаємо ступінь вільності механізму:

$$W = 3n - 2p_1 - p_2 =$$

Напис формули будови механізму має такий вигляд:

План механізму починаємо будувати із зображення ланки l у вибраному положенні. Довжину ланки l зображаємо на кресленні відрізком $\overline{OA} =$ мм.

Визначаємо масштабний коефіцієнт плану механізму $\mu_l = \frac{l_{OA}}{\overline{OA}}$, де l_{OA} – дійсна довжина ланки OA , м; \overline{OA} – довжина відрізка OA в мм, узята із плану механізму; μ_l – масштабний коефіцієнт, м/мм.

Тоді масштабний коефіцієнт плану механізму $\mu_l = \frac{l_{OA}}{\overline{OA}} =$ _____ = м/мм.

Відрізок, який зображує ланку 2 на кресленні, відповідно дорівнює:

$$\overline{AB} = \frac{l_{AB}}{\mu_l} = \text{-----} = \text{-----} \text{ мм.}$$

Визначаємо довжину відрізка $\overline{AS_2}$: $\overline{AS_2} = \frac{l_{AS_2}}{\mu_l} = \text{-----} = \text{-----} \text{ мм.}$

2. Побудувати план швидкостей в масштабі μ_v . Визначити швидкість всіх точок механізму.

Кінематичний аналіз механізмів проводиться починаючи з механізму I класу в порядку приєднання груп Ассура. Кривошип обертається навколо осі, яка проходить через точку O , лінійна швидкість якої $V_O = 0$.

Визначаємо швидкість точки A , яка належить початковій ланці (механізму I класу):

$$V_A = \omega_1 l_{OA} = \frac{\pi n_1}{30} \cdot l_{OA} = \text{-----} = \text{-----} \text{ м/с.}$$

Зображатимемо на плані швидкість точки A відрізком $\overline{pa} = \text{-----} \text{ мм.}$ Тоді масштабний коефіцієнт швидкостей:

$$\mu_v = \frac{V_A}{pa} = \text{-----} = \text{-----} \text{ м·с/мм.}$$

Довільно вибираємо на кресленні точку p (полус плану швидкостей) та відкладаємо від неї перпендикулярно OA в напрямленні обертання кривошипа відрізок \overline{pa} , який характеризує швидкість точки A .

Для визначення швидкості точки B (належить групі II класу, діада 2) складаємо векторне рівняння: $\overline{V_B} = \overline{V_A} + \overline{V_{BA}}$, де $\overline{V_A} \perp OA$; $\overline{V_{BA}} \perp BA$; $\overline{V_B} \parallel H_{30}$.

Розв'язуємо наведене векторне рівняння графічно. Для цього через точку a проводимо пряму, яка перпендикулярна до AB , а через точку p — пряму, яка паралельна до напрямної H_{30} . На перетинанні цих прямих ставимо точку b . Відрізок зображає швидкість точки B (V_B) в обраному масштабі, а відрізок \overline{ab} — швидкість точки B відносно точки A (V_{BA}). Вектор $\overline{V_B}$ спрямований від полюса p до точки b , вектор $\overline{V_{BA}}$ — від точки a до точки b .

Значення цих швидкостей:

$$V_B = \mu_v \cdot \overline{pb} = \text{-----} = \text{-----} \text{ м/с;}$$

$$V_{BA} = \mu_v \cdot \overline{ab} = \text{-----} = \text{-----} \text{ м/с.}$$

Для визначення швидкості центру мас шатуна S_2 застосовуємо теорему подібності. Відкладаємо на відрізку ab відрізок $\overline{as_2}$

$$\overline{as_2} = \overline{ab} \frac{\overline{AS_2}}{\overline{AB}} = \text{-----} \times \text{-----} = \text{-----} \text{ мм.}$$

Точку S_2 з'єднуємо з полюсом p . Визначаємо швидкість точки S_2 :

$$V_{S_2} = \mu_v \cdot \overline{ps_2} = \text{-----} \text{ м/с.}$$

3. Визначити величину та напрям кутової швидкості ланок механізму.

$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{AB}} = \text{-----} = \text{-----} \text{ с}^{-1};$$

Напрямок кутових швидкостей визначається за направленням вектора відносної швидкості відповідної точки ланки. Для визначення напрямку кутової швидкості виділяємо ланку 2. Точка B разом з ланкою 2 рухається навколо нерухомої у відносному русі точки A в напрямі швидкості $\overline{V_{BA}}$.

4. Побудувати план прискорень у масштабі μ_a . Визначити прискорення усіх точок механізму з плану прискорень.

Визначаємо прискорення точки A , яка здійснює обертальний рух по колу радіусом l_{OA} :

$$\overline{a_A} = \overline{a_A}^n + \overline{a_A}^t$$

де a_A^n — нормальне прискорення, направлене по лінії AO від точки A до центру обертання — точки O ; a_A^t — тангенціальне прискорення, направлене перпендикулярно до AO в бік, що відповідає напрямку кутового прискорення ϵ_1 ланки I .

Значення цих прискорень знаходимо з формул

$$a_A^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} \text{ и } a_A^t = \varepsilon_1 \cdot l_{OA}$$

В нашому випадку $\omega_1 = \text{const}$, кутове прискорення $\varepsilon_1 = 0$, отже $a_A^t = \varepsilon_1 \cdot l_{OA} = 0$.

Тоді прискорення точки A дорівнює: $a_A = a_{A0}^n = \omega_1 \cdot l_{OA} = \left(\frac{\pi n_1}{30}\right)^2 \cdot l_{OA}$

$$a_A = a_{A0}^n = \omega_1 \cdot l_{OA} = \left(\frac{\pi n_1}{30}\right)^2 \cdot l_{OA} = \dots \times = \dots \text{ м/с}^2.$$

Довільно обираємо на кресленні точку p' (полюс плану прискорень) і відкладаємо від неї паралельно OA в напрямку від точки A до точки O вектор $\overline{a_A}$ у вигляді відрізка $\overline{p'a'} = \dots$ мм.

$$\mu_a = \frac{a_A}{p'a'} = \dots = \dots \text{ м} \cdot \text{с/мм}.$$

Для визначення прискорення точки B (належить групі II класу, діада 2) складаємо векторне рівняння:

$$\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^t},$$

де $\overline{a_B} \parallel H_{30}$; a_{BA}^n – нормальне прискорення точки B відносно точки A ; $\overline{a_{BA}^n} \parallel BA$; a_{BA}^t – тангенціальне прискорення точки B відносно точки A ; $\overline{a_{BA}^t} \perp AB$.

Значення a_{BA}^n знаходимо за формулою

$$a_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{l_{AB}} = \dots = \dots \text{ м/с}^2.$$

Розв'язуємо графічно записане векторне рівняння. Для цього через точку a' проводимо пряму, яка паралельна до AB , і відкладаємо на ній у напрямку від точки B до точки A відрізок $\overline{a'b''}$, який зображує в обраному масштабі прискорення a_{BA}^n .

Довжина відрізка: $\overline{a'b''} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \dots = \dots$ мм.

Через одержану точку b'' проводимо пряму, яка перпендикулярна до AB , а через полюс плану прискорень p' — пряму паралельну до напрямної H_{30} . У місці перетину цих прямих одержимо точку b' . Відрізок $\overline{p'b'}$ зображує в обраному масштабі прискорення точки B (a_B), а відрізок $\overline{b'b''}$ — прискорення a_{BA}^t . Значення цих прискорень дорівнюють:

$$a_B = \mu_a \cdot \overline{p'b'} = \dots \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^t = \mu_a \cdot \overline{b'b''} = \dots \text{ м/с}^2.$$

Прискорення точки S_2 (a_2) визначаємо на підставі теореми про відносні прискорення точок однієї ланки. Положення точки S_2' на плані прискорень знаходимо з урахуванням таких пропорцій:

$$\frac{\overline{a's_2'}}{\overline{a'b'}} = \frac{\overline{AS_2}}{\overline{AB}} = \dots \times \dots = \dots \text{ мм}.$$

Відкладаємо на відрізку $\overline{a'b'}$ плану прискорень від точки a' відрізок $\overline{a's_2'}$, знаходимо точку S_2' , порядок розташування якої має бути такий самий, як і на плані механізму (AS_2B та $a's_2'b'$).

З'єднуючи точку S_2' з полюсом p' , одержимо відрізок $\overline{p's_2'}$, який зображує в масштабі прискорення точки S_2' .

$$a_2 = \mu_a \cdot \overline{p's_2'} = \dots \text{ м/с}^2;$$

5) Визначити величину та напрямку кутового прискорення ланки механізму. З рівняння прискорення визначаємо величину кутового прискорення ланки 2, тобто

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{l_{AB}} = \dots = \dots \text{ с}^{-2}.$$

Для визначення напрямку кутового прискорення виділяємо ланку 2. Точка B разом з ланкою 2 рухається навколо нерухомої точки A у відносному русі точки A в напрямку тангенціального прискорення a'_{BA} .

План механізму в масштабі

$$\begin{aligned} \mu_l &= \text{м/мм.} \\ \overline{OA} &= \text{мм;} \\ \overline{AB} &= \text{мм;} \\ \overline{AS_2} &= \text{мм.} \\ \omega_1 &= \text{об/мин} \\ \text{вращение} &- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_v &= \text{м·с/мм.} \\ V_A &= \text{м/с; } \overline{pa} = \text{мм;} \\ V_B &= \text{м/с; } \overline{pb} = \text{мм;} \\ V_{BA} &= \text{м/с; } \overline{ab} = \text{мм;} \\ V_{S_2} &= \text{м/с; } \overline{ps_2} = \text{мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_a &= \text{мс/мм.} \\ a_A &= \text{м/с}^2; \overline{p'a'} = \text{мм;} \\ a_B &= \text{м/с}^2; \overline{p'b'} = \text{мм;} \\ a_{BA}^n &= \text{м/с}^2; \overline{a'b''} = \text{мм;} \\ a_{BA}^t &= \text{м/с}^2; \overline{b'b''} = \text{мм;} \\ a_{S_2} &= \text{м/с}^2; \overline{ps_2} = \text{мм.} \end{aligned}$$

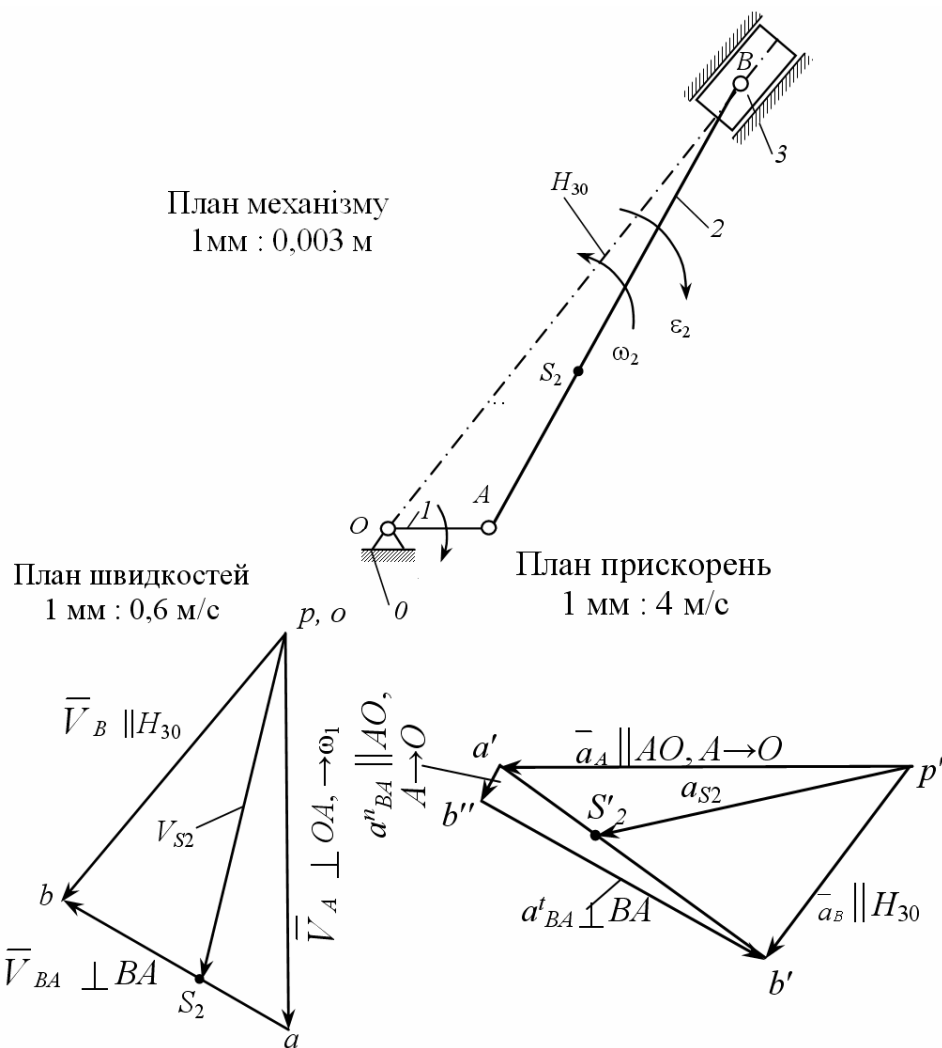
Висновки: _____

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Приклад виконання кінематичного аналізу



Питання для допуску та захисту лабораторної роботи

1. Назвіть основні кінематичні характеристики механізму.
2. Які методи визначення кінематичних характеристик ви знаєте?
3. Дайте порівняльну оцінку існуючим методам, відзначивши їх переваги і недоліки.
4. Що називається планом швидкостей (прискорень)?
5. Назвіть основні властивості планів швидкостей (прискорень).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОБУДОВА ЕВОЛЬВЕНТНОГО ПРОФІЛЮ ЗУБІВ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС МЕТОДОМ ОБКОЧУВАННЯ

МЕТА РОБОТИ: Закріплення знань з геометрії зубчастих коліс. Ознайомлення з найпростішим методом визначення модуля зубчастого колеса. Набуття практичних навичок з визначення основних геометричних параметрів прямозубих зубчастих коліс. Ознайомлення з принципом утворення евольвентного профілю зубів під час виготовлення зубчастих коліс методом обкочування. Визначення впливу положення інструменту при нарізуванні колеса на його геометричні параметри. Закріплення знань з визначення параметрів зубчастих коліс зі зміщенням.

Виконання лабораторної роботи

1. Визначити кількість зубів колеса $z =$

Відповідно до табл. 3.1 вибрати число обчислюваних зубів $n =$

Таблиця 3.1

z	12–18	19–27	28–36	37–45	46–54	55–63
n	2	3	4	5	6	7

2. Виміряти штангенциркулем відстані L_n та L_{n+1} на рис.3.1. Результати записати до табл. 3.2.

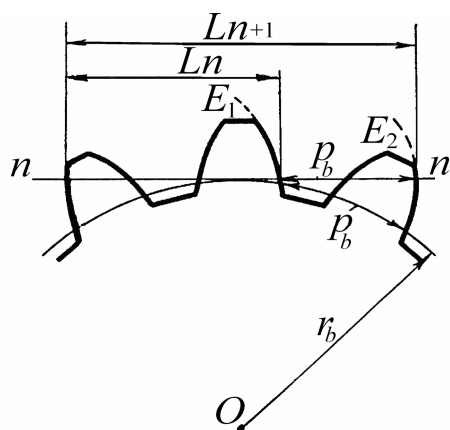


Рис. 3.1. Вимірювання зубчастого колеса

Таблиця 3.2

Номер вимірювання	Довжини відрізків, мм	
	L_n	L_{n+1}
Середнє значення довжини відрізка		

3. Визначити крок p_b зубчастого колеса по основному колу:

$$p_b = L_{n+1} - L_n =$$

4. Обчислити модуль колеса по ділільному колу та округлити його значення до найближчої стандартної величини. Для стандартних коліс кут зачеплення $\alpha = 20^\circ$ ($\cos 20^\circ = 0,94$).

Модуль зубчастого колеса по ділільному колу

$$m = \frac{p_b}{\pi \cos \alpha} = \frac{p_b}{3,14 \cdot 0,94} =$$

Значення модуля відповідно до ГОСТ 9563-60 $m =$

5. Обчислити діаметр ділільного кола $d = mz =$

6. Виміряти штангенциркулем діаметри кіл вершин d_a і западин d_f . Результати записати до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Номер вимірювання	Довжини відрізків, мм	
	d_a	d_f
Середнє значення діаметра		

7. Обчислити діаметр основного кола

$$d_b = mz \cos \alpha =$$

крок по ділільному колу

$$p = \pi m =$$

ширину западини

$$S = p/2 = \pi m/2 =$$

товщину зуба

$$e = p/2 = \pi m/2 =$$

кутовий крок

$$\tau = 360/z$$

8. Обчислити висоту голівки зуба та висоту ніжки зуба.

$$\text{Висота голівки зуба } h_a = (d_a - d)/2 =$$

$$\text{Висота ніжки зуба } h_f = (d - d_f)/2 =$$

9. Визначити коефіцієнти висоти голівки зуба h_a^* і ніжки зуба h_f^* . (Для коліс без зміщення $h_a^* = 1,0$; $h_f^* = 1,25$).

Якщо результати обчислень значно відрізняються від наведених величин, то це вказує на те, що зубчасте колесо нарізане зі зміщенням інструменту або має вкорочений зуб.

$$\text{Коефіцієнт висоти голівки зуба } h_a^* = h_a/m =$$

$$\text{Коефіцієнт висоти ніжки зуба } h_f^* = h_f/m =$$

10. Визначити похибку вимірювань висоти голівки зуба, висоти ніжки зуба:

$$\varepsilon_a = \left| \frac{h_a^* - 1}{1} \right| \cdot 100\% \leq 5\% \quad \varepsilon_a = \left| \frac{h_a^* - 1}{1} \right| \cdot 100\% =$$

$$\varepsilon_f = \left| \frac{h_f^* - 1,25}{1,25} \right| \cdot 100\% \leq 5\% \quad \varepsilon_f = \left| \frac{h_f^* - 1,25}{1,25} \right| \cdot 100\% =$$

11. Нанести на рис. 3.2 підраховані основні геометричні параметри зубчастого колеса.

12. Відмітити на рис. 3.2 початкове коло і вказати чому дорівнює.

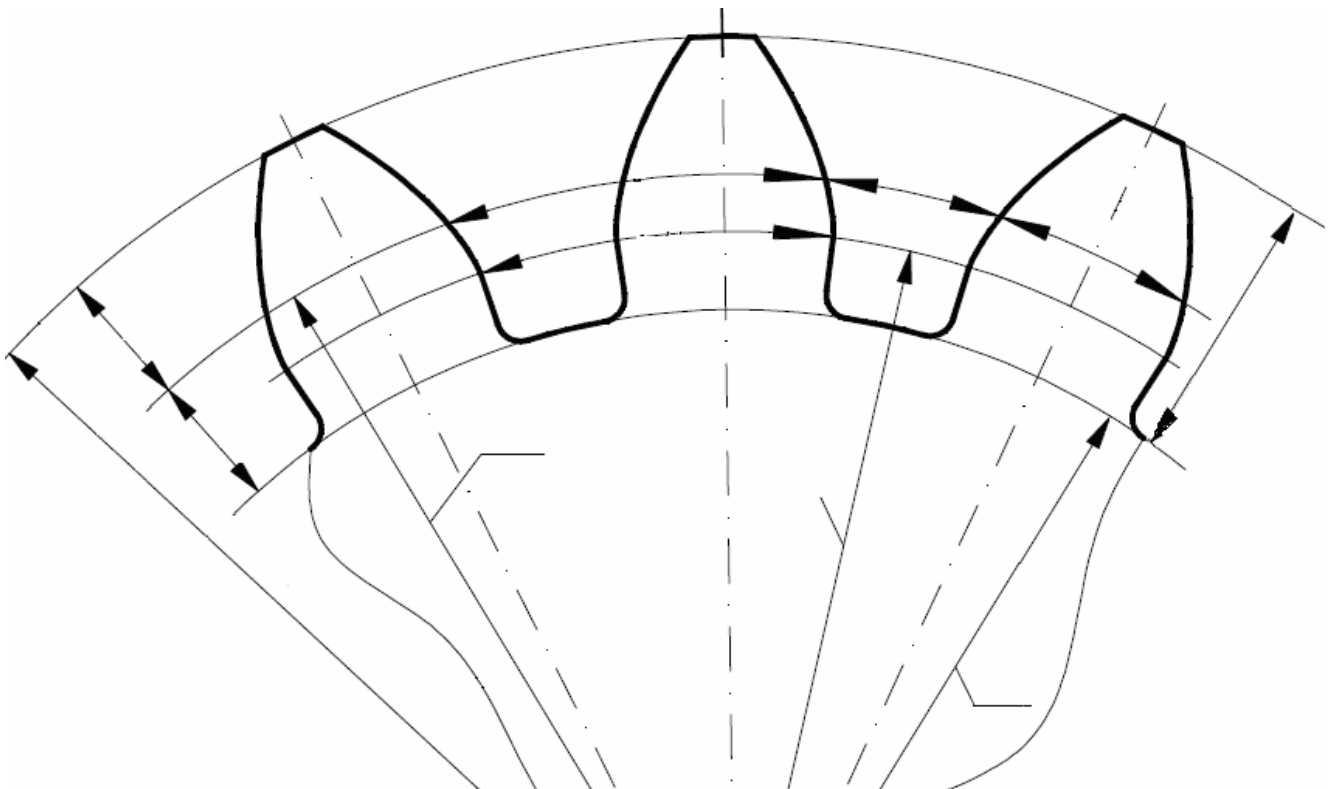


Рис. 3.2. Геометричні параметри зубчастого колеса

13. Ознайомитися з роботою установки ТММ 42 для профілювання зубчастих коліс та її вихідними параметрами (рис. 3.3);

Описання лабораторної установки ТММ 42

Лабораторна установка для профілювання зуб'їв (рис. 3.3) складається з нерухокої основи 1, рухомої каретки 2 і диска 7, що обертається. На диск закріплюється паперовий круг, який імітує заготовку нарізного зубчастого колеса. На каретці 2 гвинтами 3 закріплена зубчаста рейка 5, яку можна віддаляти або наближати до осі диска. Зміщення рейки визначається по

шкалі 4. Каретка і диск зв'язані між собою гнучким дротом 6. Дріт охоплює диск по колу, діаметр якого дорівнює діаметру ділильного кола нарізного колеса. Такий зв'язок дозволяє відтворити рух обкочування (обгинання): при поступальному русі рейки диск обертається так, ніби в зачепленні з рейкою знаходиться вже готове зубчасте колесо. Для профілювання зубів зубчастого колеса необхідно.

а). Встановити каретку 2 у початкове положення. Для цього рукоятку 11 вільного ходу каретки повернути проти годинникової стрілки до упору і перемістити каретку з рейкою у крайнє праве положення. Потім рукоятку 11, а також важіль 8 зачеплення каретки з диском повернути за годинниковою стрілкою до упору.

б). Закріпити на диску 7 паперовий круг.

в). За допомогою гвинтів 3 встановити каретку у потрібне положення. Якщо риску 9 на рейці розташувати проти нульової відмітки шкали 4, то буде нарізане колесо без зміщення.

г). Загостреним олівцем обвести профілі усіх зубів і западин рейки, які знаходяться на паперовому крузі. Натиснути на важіль 10 вниз до упору; при цьому каретка дещо пересунеться вліво, а диск обернеться на кут 1–2°. Знов обвести олівцем профілі усіх зубів і западин. Повторювати ці операції до тих пір, поки каретка з рейкою не переміститься у крайнє ліве положення.

14. Зняти з лабораторної установки вихідні дані для нарізування колеса

Модуль	$m =$
Діаметр ділильного кола	$d =$
Кут профілю рейки	$\alpha = 20^\circ$ ($\cos \alpha = 0,94$, $\operatorname{tg} \alpha = 0,36$)
Коефіцієнт висоти голівки зуба	$h_a^* = 1.$

15. Обчислити основні параметри колеса без зміщення. Заповнити табл. 3.4.

16. Обчислити основні параметри колеса з додатним зміщенням. Заповнити табл. 3.4.

17. Зняти з диска паперовий круг і описати на ньому циркулем кола діаметрами d , d_b , d_a , d_f . Обміряти лінійкою параметри коліс без зміщення та зі зміщенням і порівняти їхні параметри між собою. Результати занести до табл. 3.5.

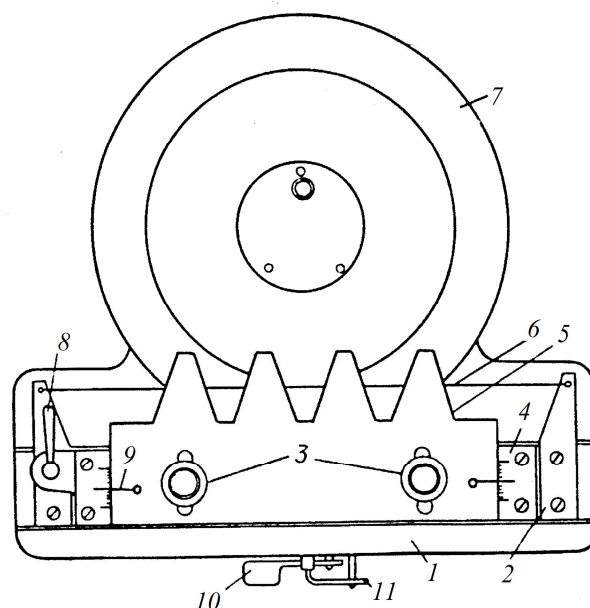


Рис. 3.3. Схема лабораторної установки ТММ 42 для профілювання зубів зубчастого колеса:
 1 – нерухома основа; 2 – рухома каретка;
 3 – гвинти закріплення; 4 – шкали; 5 – зубчаста рейка; 6 – гнучкий дріт; 7 – обертовий диск;
 8 – важіль; 9 – риска на рейці, розташована проти нульової відмітки шкали; 10 – важіль; 11 –

Таблиця 3.4

Результати обчислення параметрів коліс

Параметр	Колесо без зміщення	Колесо зі зміщенням
Число зубів	$z = d/m$	$z = d/m$
Коефіцієнт зміщення	–	$x = (17 - z)/17$
	–	

Параметр	Колесо без зміщення	Колесо зі зміщенням
Зміщення рейки, мм	–	$b = x \cdot m$
	–	
Діаметр ділительного кола, мм	$d = m \cdot z$	$d = m \cdot z$
Діаметр основного кола, мм	$d_b = m \cdot z \cdot \cos \alpha$	$d_b = m \cdot z \cdot \cos \alpha$
Діаметр кола вершин, мм	$d_a = m \cdot (z + 2)$	$d_a = m(z + 2 + 2x)$
Діаметр кола западин, мм	$d_f = m \cdot (z - 2,5)$	$d_f = m(z - 2,5 + 2x)$
Крок по ділительному колу, мм	$p = \pi m$	$p = \pi m$
Крок по основному колу, мм	$p_b = \pi m \cos \alpha$	$p_b = \pi m \cos \alpha$
Товщина зуба по ділительному колу, мм	$s = \pi m / 2$	$s = m \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha \right)$
Ширина западини по ділительному колу, мм	$e = \pi m / 2$	$e = m \cdot \left(\frac{\pi}{2} - 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha \right)$

Таблиця 3.5

Вимірюваний параметр	Колесо без зміщення	Колесо зі зміщенням
Товщина зуба по ділительному колу, мм	$s =$	$s =$
Ширина западини по ділительному колу, мм	$e =$	$e =$
Крок колеса по ділительному колу, мм	$p =$	$p =$
Товщина зуба по основному колу, мм	$s_e =$	$s_e =$
Крок колеса по основному колу, мм	$p_e =$	$p_e =$
Товщина зуба по колу вершин, мм	$s_a =$	$s_a =$

Приклад виконання профілювання зубів колеса без зміщення та зі зміщенням

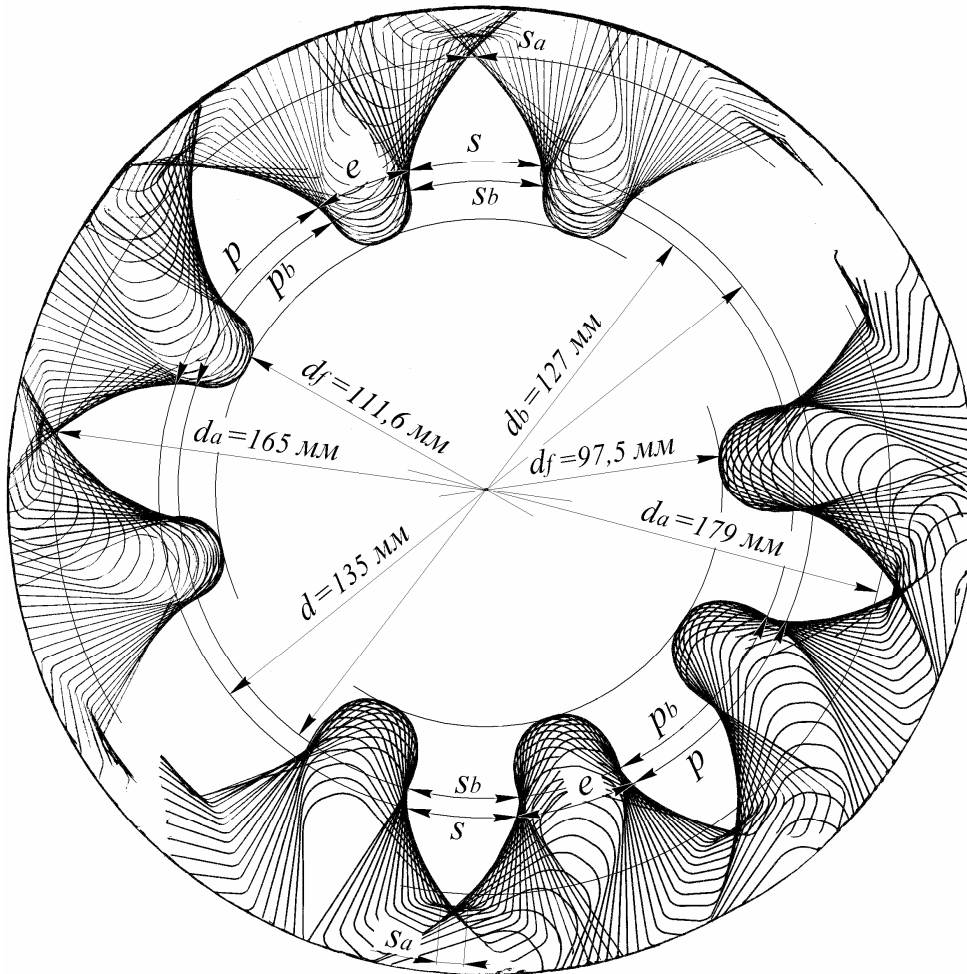


Рис. 5.3. Профілювання зубів колеса без зміщення та зі зміщенням

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Питання для допуску до виконання та захисту лабораторної роботи

1. Евольвентний профіль зуба. Властивості евольвенти.
2. Геометричні параметри евольвентного циліндричного зубчастого колеса без зміщення.
3. Формули для визначення параметрів зубчастого колеса.
4. Початкове, ділильне, основне коло зубчастого колеса.
5. Параметри евольвентного зачеплення.
6. Методи нарізування зубчатих коліс.
7. Види корегованих зубчастих коліс
8. Висотна корекція та її властивості.
9. Кутова корекція та її властивості.
10. Явище підрізування та умови його виникнення.
11. Використання корегованих зубчатих коліс.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ЗРІВНОВАЖЕННЯ ЛАНОК, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ

МЕТА РОБОТИ: Закріплення теоретичних знань з розділу «Зрівноваження механізмів і машин». Ознайомлення з установками для статичного і динамічного балансування. Вивчення методики зрівноваження обертової ланки (ротора).

Виконання лабораторної роботи

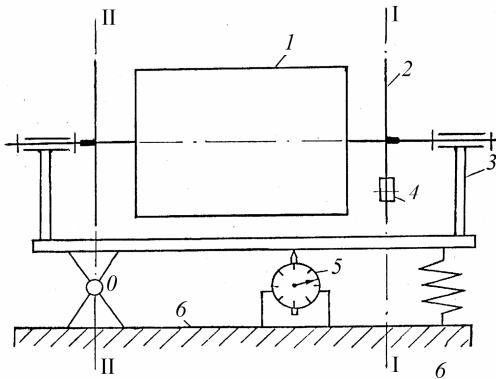


Рис. 7.1. Схема лабораторної установки

1. Ознайомитись зі схемою лабораторної установки (рис. 7.1). При виконанні лабораторної роботи використовується установка для динамічного балансування типу ТММ1М. Вона складається з ротора 1, встановленого в маятниковій рамі 3. Маятникова рама рухомо з'єднана зі станиною 6 установки і може коливатися у вертикальній площині навколо горизонтальної осі O .

При роботі установки незрівноважена ланка (ротор 1) розкручується електродвигуном із фрикційним диском (на схемі не показані) до частоти обертання більшої, ніж резонансна. Після відключення привода частота обертання ротора

поступово зменшується і при частотах, близьких до резонансних, маятникова рама починає коливатися навколо осі O . Амплітуду коливань маятничової рами вимірюють індикатором 5 годинникового типу. Будь-яку ланку можна повністю зрівноважити за допомогою двох противаг, розташованих у двох площинах, вибраних із конструктивних міркувань. У лабораторній установці такими площинами зрівноваження є площини I-I і II-II, у місцях розташування яких закріплені диски 2 з прорізами. У цих прорізах можна встановлювати противаги 4 на різних відстанях від осі обертання.

При балансуванні ротора його встановлюють на маятниковій рамі так, щоб площина зрівноваження II-II проходила через вісь O коливання рами. Зрівноваживши ланку у площині I-I, її переставляють так, щоб через вісь O проходила площина зрівноваження I-I. Після цього так само зрівноважують ланку у площині II-II.

2. Підбрати контрольну вагу G_k та обчислити її дисбаланс $\Delta_{СК}$:

$$G_k = \quad \text{сН}; \quad 2 \cdot G_k = \quad \text{сН};$$

$$r_k = \quad \text{см}; \quad \Delta_{sk} = G_k \cdot r_k = \quad \text{сНсм}$$

3. Визначити амплітуду коливань маятничової рами. Результати занести до табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Номер вимірювання	Амплітуда коливань маятничової рами, мм		
	A_1	A_2	A_3
1			
2			
3			
Середнє значення амплітуди			

4. Визначити амплітуду коливань A_k , зумовлену тільки дисбалансом $\Delta_{СК}$ контрольної ваги G_k :

Для побудови трикутника амплітуд коливань маятничової рами на прямій лінії відкладаємо у вибраному масштабі два відрізки $\overline{ab} = \overline{bc} = \overline{A_2}$ (рис. 7.2). Описавши з точки a дугу радіусом A_3 , а з точки c – дугу радіусом A_1 , одержимо в перетині цих дуг точку d . Відрізок \overline{bd} визначає у вибраному масштабі амплітуду A_k . φ

а) графічним методом: $A_k =$ мм

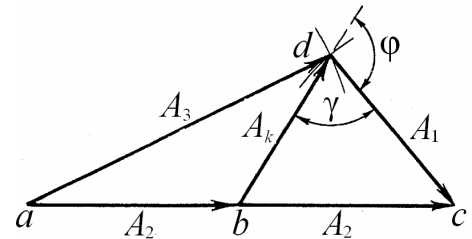


Рис. 7.2. Трикутник амплітуди коливань маятникової рами A_k

б) аналітичним методом:

$$A_k = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_3^2 - 2 \cdot A_2^2}{2}} = \quad \text{мм}$$

5. Визначити кут γ між радіус-векторами амплітуд коливань A_1 та A_k :

а) графічним методом: $\gamma =$ мм

б) аналітичним методом: $\gamma =$ мм

$$\cos \gamma = \frac{A_1^2 + A_k^2 - A_2^2}{2 A_1 A_k} = \quad \text{мм}$$

6. Визначити коефіцієнт пропорціональності μ та обчислити дисбаланс ротора Δ_{C1} без контрольної ваги:

$$\mu = \frac{A_k}{\Delta_{CK}} \quad \text{мм/сНсм};$$

$$\Delta_{C1} = \frac{A_1}{\mu} = \quad \text{сНсм}$$

7. Обчислити радіус противаги $r_{пр}$:

$$G_{пр} = \quad \text{сН}; \quad r_{пр} = \frac{\Delta_{C1}}{G_{пр}} =$$

8. Проконтролювати результат балансування ротора:

а) визначити залишкову амплітуду коливань маятникової рами (A'). Результати занести до табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Результати експерименту

Номер вимірювання	1	2	3	Середнє значення амплітуди
Амплітуда коливань A' , мм				

б) визначити залишковий дисбаланс:

$$\Delta'_C = \frac{A'}{\mu} = \quad \text{сНсм}$$

$$\delta = \frac{\Delta'_C}{\Delta_{C1}} \cdot 100\% =$$

Висновки: _____

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Питання для допуску та захисту лабораторної роботи

1. Зрівноваження обертових ланок.
2. Статичний та відцентровий моменти інерції.
3. Види неврівноваженості залежно від взаємного розташування осі обертання та головної центральної осі інерції.
4. Статичне зрівноваження.
5. Динамічне зрівноваження.
6. Визначення мас противаг та радіусів їх встановлення графічним методом.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА
ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАТОЧНИХ ВІДНОШЕНЬ
ЗУБЧАСТИХ МЕХАНІЗМІВ

МЕТА РОБОТИ: Набуття практичних навичок складання схем зубчастих механізмів. Закріплення знань з визначення передаточних відношень зубчастих механізмів. Набуття навичок кінематичного дослідження зубчастих механізмів експериментальним методом.

Виконання лабораторної роботи

Завдання 1

1.1. Ознайомитис з роботою механізму, дослідити характер руху його ланок та визначити тип механізму.

1.2. Накреслити схему механізму, пронумерувати ланки і позначити зубчасті колеса. Визначити числа зубів зубчастих коліс.

1.3. Визначити передаточне відношення механізму. Результати записати до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Схема механізму	Число зубів	Передаточне відношення механізму	Передаточне відношення, визначене експериментальним методом
	$z_1 =$ $z_2 =$	$u_{12} = \pm \frac{z_2}{z_1} =$ =	$u_{12} = \frac{n_1}{n_2^*} =$ ($n_2^* = 1$) =

Завдання 2

2.1. Ознайомитися з роботою механізму, дослідити характер руху його ланок та визначити тип механізму.

2.2. Накреслити схему механізму, пронумерувати ланки і позначити зубчасті колеса. Визначити число зубів зубчастих коліс.

2.3. Визначити передаточне відношення механізму. Результати записати до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Схема механізму	Число зубів	Передаточне відношення механізму	Передаточне відношення, визначене експериментальним методом
	$z_1 =$ $z_2 =$	$u_{12} = \pm \frac{z_2}{z_1} =$ =	$u_{12} = \frac{n_1}{n_2^*} =$ =

Завдання 3

3.1. Ознайомитися з роботою механізму, дослідити характер руху його ланок та визначити тип механізму.

3.2. Накреслити схему механізму, пронумерувати ланки і позначити зубчасті колеса. Визначити число зубів зубчастих коліс.

3.3. Визначити передаточне відношення механізму. Результати записати до табл. 4.3.

Схема планетарної передачі	Схема оберненого механізму
----------------------------	----------------------------

Таблиця 4.3

Номери зубчастих коліс та число зубів коліс	Передаточне відношення оберненого механізму	Передаточне відношення планетарної передачі	Передаточне відношення, визначене експериментальним методом
	$u_{13}^H =$	$u_{1H} = 1 - u_{13}^H$ або $u_{H1} = \frac{1}{u_{1H}} = \frac{1}{1 - u_{13}^H}$	$u_{1H} = n_1 / n_H$

Завдання 4

4.1. Ознайомитися з роботою механізму, дослідити характер руху його ланок та визначити тип механізму.

4.2. Накреслити схему механізму, пронумерувати ланки і позначити зубчасті колеса. Визначити число зубів зубчастих коліс.

4.3. Визначити передаточне відношення механізму. Результати записати до табл. 4.4.

Схема передачі

Таблиця 4.4

Номери зубчастих коліс та число зубів коліс	Передаточне відношення оберненого механізму	Передаточне відношення планетарної передачі	Передаточне відношення, визначене експериментальним методом

Висновки: _____

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Питання для допуску до виконання та захисту лабораторної роботи

1. Класифікація зубчастих передач.
2. Передаточне відношення зубчастого механізму. Редуктор. Мультиплікатор.
3. Основні типи складних передач.
4. Багатоступінчасті передачі. Передачі з проміжними колесами.
5. Планетарні механізми. Метод обернення руху.
6. Визначення передаточного відношення планетарних передач.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛОСКОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ

МЕТА РОБОТИ: Засвоєння навички креслення схем плоских кулачкових механізмів. Набуття практичних навичок побудови діаграм положень штовхача кулачкових механізмів. Засвоєння методу побудови профілю кулачка за заданою діаграмою положень штовхача.

Виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитися з лабораторною установкою (рис. 6.1), дослідити характер руху ланок механізму та визначити його тип.

2. Визначити основні розміри механізму, необхідні для побудови діаграми положень штовхача і профілю кулачка.

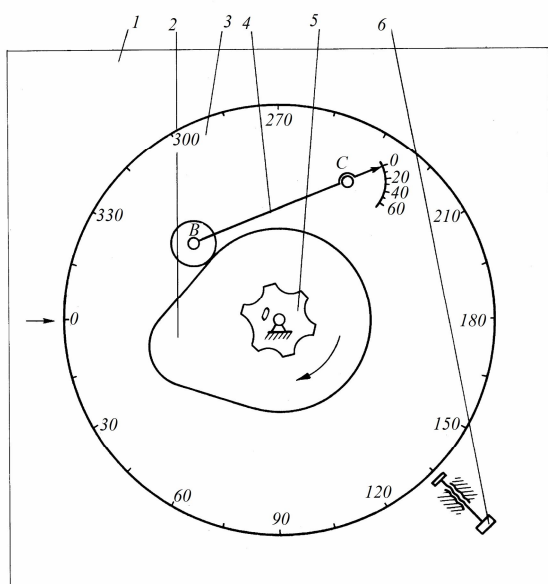


Рис. 6.1. Лабораторна установка:

1 – основа; 2 – кулачок; 3 – рухомо закріплений диск, який має спільну вісь обертання з кулачком (точка O); 4 – штовхач; 5, 6 – стопори

Основні розміри механізму

Ексцентриситет $e =$
 Найменша координата центра ролика штовхача $x_0 =$
 Найменший кут відхилення обертового штовхача, $\psi_0 =$
 Радіус ролика $r = 12,5$ мм
 Довжина обертового штовхача $l =$
 Міжосьова відстань (для механізмів з обертальним рухом штовхача) $L =$

3. Виконати обертання механізму та визначити переміщення штовхача при різних кутах повороту кулачка. Результати занести до табл. 6.1.

4. Побудувати діаграму положень штовхача (рис. 6.2) та визначити величини фазових кутів повороту кулачка. Побудову починати з відкладання величини x_0 чи ψ_0 на осі X.

5. За одержаною діаграмою положень штовхача побудувати еквідистантну криву та профіль кулачка.

Таблиця 6.1

Кут повороту кулачка φ , град.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		
Переміщення штовхача Δx , мм або $\Delta \psi$, град.												
100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350

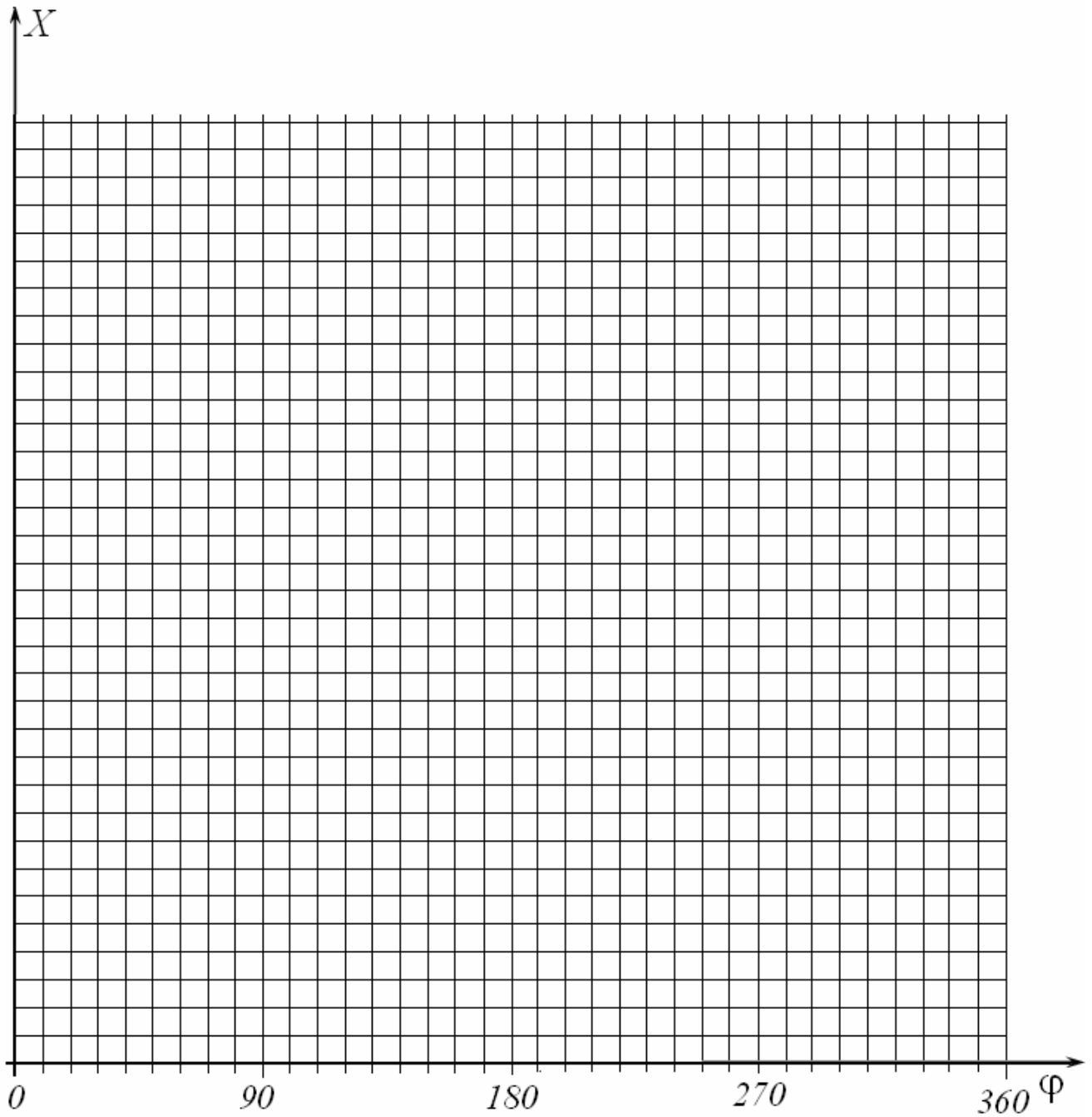
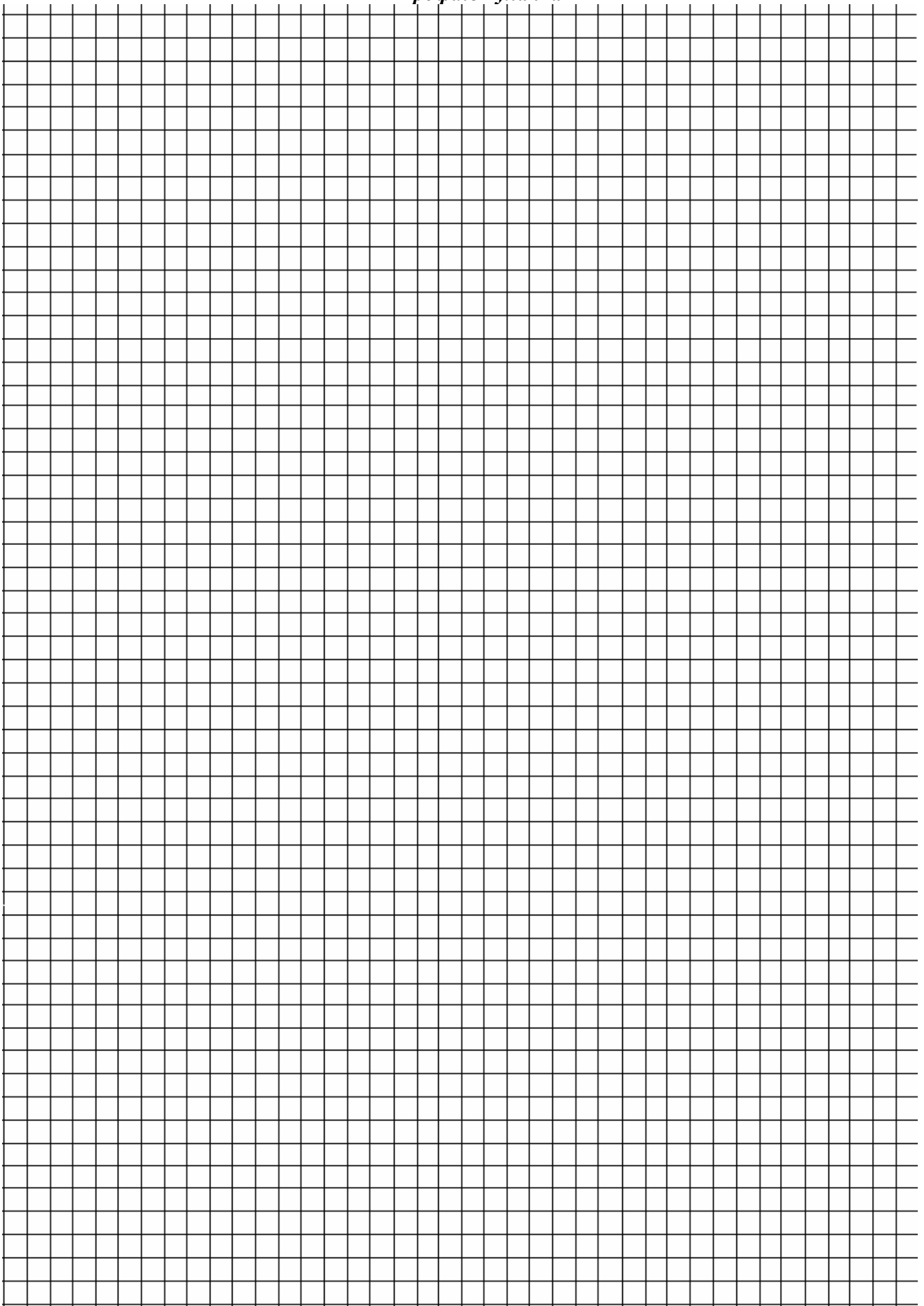


Рис. 6.2. Діаграма положень штовхача

Фазові кути повороту кулачка

1. Кут віддалення $\varphi_1 =$
2. Кут верхнього стояння $\varphi_2 =$
3. Кут наближення $\varphi_3 =$
4. Кут нижнього стояння $\varphi_4 =$

Профіль кулачка



Висновки: _____

Дата виконання лабораторної роботи _____

Оцінка захисту лабораторної роботи _____

Підпис викладача _____

Питання для допуску до виконання та захисту лабораторної роботи

1. Кулачкові механізми. Переваги та недоліки.
2. Замикання кінематичної пари 2-го роду в кулачковому механізмі.
3. Класифікація кулачкових механізмів.
4. План кулачкового механізму. Діаграма положень штовхача. Метод обернення руху.
5. Побудова планів кулачкового механізму і діаграм положень штовхача для основних типів кулачкових механізмів.
6. Вибір радіуса ролика та кута тиску в кулачкових механізмах. Вибір закону руху штовхача.

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Лабораторні роботи виконуються у спеціалізованих лабораторіях кафедри машинознавства під керівництвом викладача.
2. Студент готується до виконання лабораторної роботи вдома під час самостійної роботи.
3. У цьому виданні студент знаходить відповідну роботу, за лекціями готує її теоретичну частину та ознайомлюється з порядком виконання роботи.
4. До виконання лабораторної роботи студент допускається за умови, що він:
 - а) має із собою конспект лекцій та лабораторний практикум або підготовлений протокол (з вписаними розрахунковими формулами, схемами тощо), необхідні технічні засоби (олівець, лінійка, циркуль, калькулятор тощо);
 - б) знає та може пояснити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи, методику проведення роботи та опрацювання результатів.
5. Контроль підготовленості студентів до виконання лабораторної роботи проводиться шляхом їх опитування на початку заняття. Не підготовлені студенти до виконання лабораторної роботи не допускаються.
6. Під час виконання лабораторної роботи студент оформлює протокол за встановленою формою і подає на перевірку викладачеві. За результатами перевірки викладачем робиться відмітка у протоколі про допуск до захисту.
7. Захист лабораторної роботи відбувається у формі співбесіди або шляхом тестування наприкінці лабораторного заняття або на консультації. У разі отримання студентом позитивної оцінки, вона заноситься до протоколу лабораторної роботи за підписом викладача.
8. У разі повторного захисту лабораторної роботи максимальна оцінка за роботою знижується на один бал.
9. Студент допускається до виконання наступних лабораторних робіт за умови захисту попередніх робіт.
10. Відпрацювання пропущених лабораторних робіт проводиться згідно з окремим розкладом, про що робиться відповідний запис у протоколі відпрацьованої роботи. Після оформлення протоколу студент захищає відпрацьовану лабораторну роботу в установленому порядку.
11. Оцінки, отримані студентом за кожну лабораторну роботу, входять як складова до поточних модульних рейтингових оцінок засвоєння навчального матеріалу кожного модуля курсу «Теорія механізмів і машин».
12. Студенти, які не здали лабораторні роботи, передбачені програмою курсу, не допускаються до модульного та семестрового контролів рівня засвоєння навчального матеріалу.
13. До екзамену (заліку) з дисципліни допускаються тільки ті студенти, які виконали усі попередні види навчальної роботи, визначені робочою навчальною програмою дисципліни, та отримали позитивні (за національною шкалою) підсумкові модульні рейтингові оцінки за кожен з модулів.

Додаток 2

Номер завдання до лабораторної роботи студент вибирає за останньою цифрою номера залікової книжки (навчального шифру), а номер варіанта — за передостанньою цифрою. Цифра 0 (нуль) відповідає десятому завданню (варіанту).

Завдання 1. Виконати розрахунок механізму поршневого компресора (рис. 1.1, табл.)

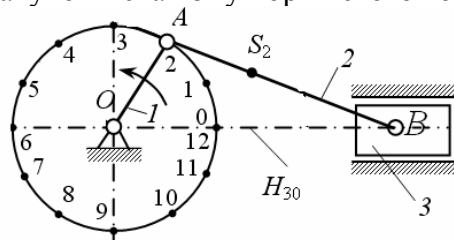


Рис. 1.1. Схема механізму поршневого компресора аеродромної компресорної станції

Таблиця 1.1

Дані для розрахунку механізму поршневого компресора

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:										
l_{OA}	90	70	75	80	85	80	75	70	90	80
l_{AB}	300	270	285	286	290	294	285	270	295	288
l_{AS2}	100	80	85	90	95	90	85	80	100	90
Частота обертання ланки 1 n_1 , об/хв	700	900	850	840	800	800	850	900	720	850
Положення механізму для кінематичного дослідження	11	1	2	5	8	10	7	4	8	3

Завдання 2. Виконати розрахунок механізму поршневого двигуна аеродромного газозаправника (рис. 1.2, табл. 1.2).

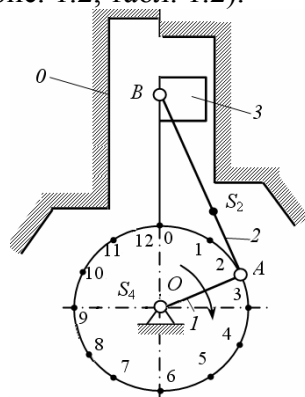


Рис. 1.2. Схема механізму поршневого двигателя аеродромного газозаправника

Таблиця 1.2

Дані для розрахунку механізму поршневого двигуна аеродромного газозаправника

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:										
l_{OA}	60	70	80	90	65	75	85	68	78	88
l_{AB}	240	260	300	320	250	280	310	270	300	315
l_{AS2}	80	85	100	105	83	93	102	90	95	102
Частота обертання ланки 1 n_1 , об/хв	800	1050	1100	1000	1200	900	950	1150	1250	850
Положення механізму для кінематичного дослідження	8	10	11	1	5	4	10	11	2	7

Завдання 3. Виконати розрахунок механізму повітряного компресора авіаційної компресорної станції (рис. 1.3, табл. 1.3)

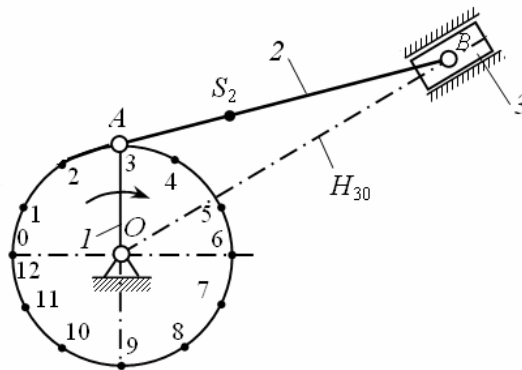


Рис. 1.3. Механізм повітряного компресора авіаційної компресорної станції

Таблиця 1.3

Данные для расчёта механизма воздушного компрессора авиационной компрессорной станции

Параметр	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:	Угол между направляющей H_{30} и горизонталью равен 30°									
l_{OA}	45	40	50	60	65	48	55	64	66	70
l_{AB}	260	268	270	175	280	284	288	290	295	300
l_{AS2}	100	106	110	115	120	125	130	135	140	146
Частота обертання ланки I n_1 , об/хв	800	700	750	720	650	600	640	660	690	670
Положення механізму для кінематичного дослідження	1	2	8	11	4	9	7	3	10	11

Завдання 4. Виконати розрахунок механізму повітряного компресора киснево-видобувної станції (рис. 1.4, табл. 1.4)

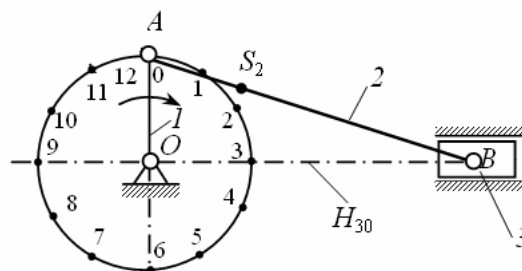


Рис. 1.4. Механізм повітряного компресора киснево-видобувної станції

Таблиця 1.4

Данные для расчёта механизма воздушного компрессора кислородо-добывающей станции

Параметр	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:										
l_{OA}	90	95	100	105	110	80	85	88	98	102
l_{AB}	336	345	358	365	370	320	330	340	350	360
l_{AS2}	98	100	105	110	115	90	95	98	106	112
Частота обертання ланки I n_1 , об/хв	600	650	660	695	760	620	780	750	630	610
Положення механізму для кінематичного дослідження	8	0	11	6	9	4	3	2	5	11

Завдання 5. Виконати розрахунок механізму повітряного компресора (рис. 1.5, табл. 1.5)

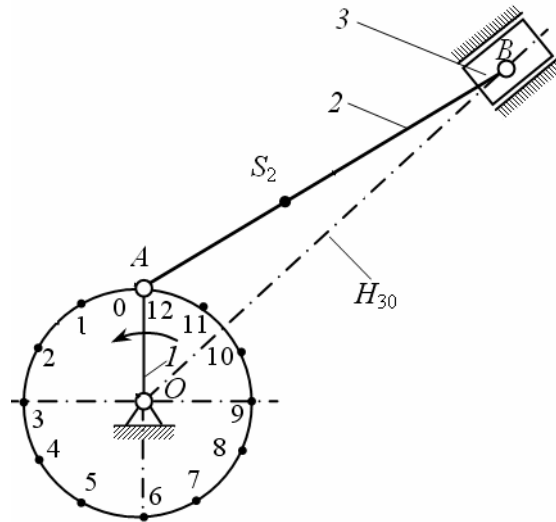


Рис. 1.5. Схема механізму повітряного компресора авіаційної компресорної станції

Таблиця 1.5

Дані для розрахунку механізму авіаційного компресора авіаційної компресорної станції

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:	Угол между направляющей H_{30} и горизонталью равен 30°									
l_{OA}	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
l_{AB}	260	268	270	275	280	284	288	290	295	300
l_{AS2}	100	106	110	115	120	125	130	135	140	146
Частота обертання ланки $1 n_1$, об/хв	730	720	710	700	690	680	670	660	650	640
Положення механізму для кінематичного дослідження	6	3	5	7	8	4	0	11	1	10

Завдання 6. Виконати розрахунок механізму двигуна внутрішнього згорання (рис. 1.6, табл. 1.6)

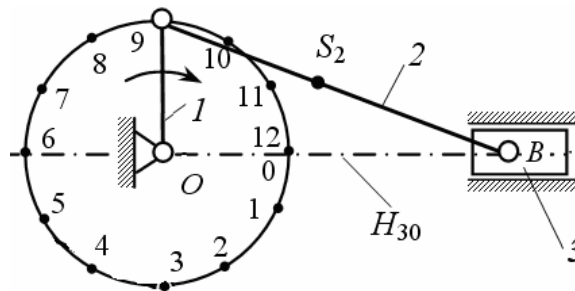


Рис. 1.6. Схема механізму двигуна внутрішнього згорання авіаційного паливозаправника

Таблиця 1.6

Данные для расчёта двигателя внутреннего сгорания авиационного топливозаправщика

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок										
l_{OA}	60	58	56	54	52	59	57	55	53	51
l_{AB}	220	210	200	190	180	215	205	200	195	185
l_{AS2}	72	70	68	66	64	71	69	67	65	64
Частота обертання ланки $1 n_1$, об/хв	500	550	520	600	650	610	600	660	680	700
Положення механізму для кінематичного дослідження	7	8	10	11	1	2	5	7	11	4

Завдання 7. Виконати розрахунок механізму двигуна внутрішнього згорання (рис. 1.7, табл. 1.7).

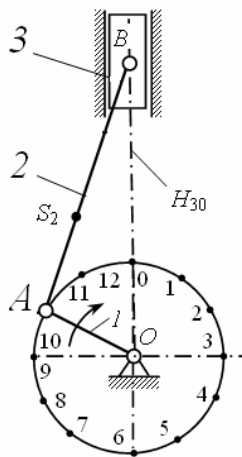


Рис. 1.7. Схема механізму авіаційного повітряного компресора

Таблиця 1.7

Дані для розрахунку механізму авіаційного повітряного компресора

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:										
l_{OA}	14	16	17	20	22	15	17	19	21	23
l_{AB}	75	80	90	95	100	105	110	115	120	125
l_{AS2}	25	27	28	30	32	35	38	40	42	45
Частота обертання ланки 1 n_1 , об/хв	1200	1250	1150	750	850	1000	900	950	800	1100
Положення механізму для кінематичного дослідження	4	5	10	1	11	4	8	2	11	8

Завдання 8. Виконати розрахунок механізму кисневого компресора (рис. 1.8, табл. 1.8).

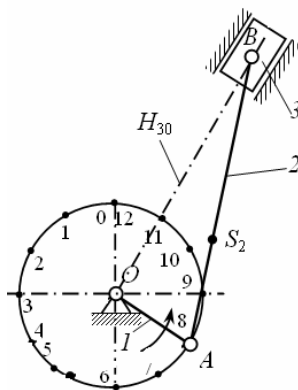


Рис. 1.8. Механізм кисневого компресора

Таблиця 1.8

Дані для розрахунку механізму кисневого компресора

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок, мм:	Угол между направляющей H_{30} и горизонталью 60°									
l_{OA}	70	85	75	80	85	70	75	70	85	80
l_{AB}	300	270	280	300	310	295	285	270	295	290
l_{AC}	280	260	270	275	280	285	275	265	285	275
l_{AS2}	100	80	85	90	95	90	85	80	100	90
l_{AS4}	95	75	85	88	90	88	84	76	96	90
Частота обертання ланки 1 n_1 , об/хв	500	700	650	640	600	650	550	650	720	800
Положення механізму для кінематичного дослідження	0	1	2	5	7	10	3	9	6	8

Завдання 9. Виконати розрахунок механізму детандер-компресора киснево-видобувної станції (рис. 1.9, табл. 1.9).

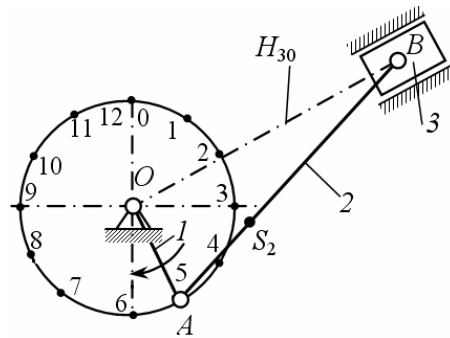


Рис. 1.9. Механізм детандер-компресора кислородо-добуваючої станції

Таблиця 1.9

Дані для розрахунку механізму детандер-компресора киснево-видобувної станції

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок: мм	Угол между направляющей H_{30} и горизонталью 30°									
l_{OA}	40	45	55	60	65	47	52	60	62	65
l_{AB}	270	265	280	275	282	284	288	290	295	300
l_{AS_2}	100	106	110	115	120	125	130	135	140	146
Частота обертання ланки I n , об/хв	820	780	750	720	650	600	640	620	600	570
Положення механізму для кінематичного дослідження	9	6	11	1	7	4	0	3	5	10

Завдання 10. Виконати розрахунок механізму V-подібного двигуна аеродромного пускового агрегату (рис. 1.10, табл. 1.10).

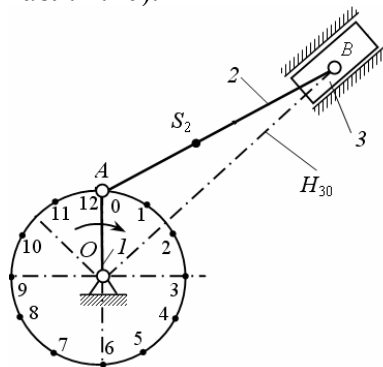


Рис. 1.10. Схема механізму V-подібного двигуна аеродромного пускового агрегату

Таблиця 1.10

Дані для розрахунку механізму V-подібного двигуна

Параметр	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір ланок мм:	Угол между направляющей H_{30} и горизонталью 45°									
l_{OA}	35	40	45	36	42	38	44	37	43	39
l_{AB}	125	140	160	130	150	135	155	145	150	140
l_{AS_2}	43	50	55	48	54	49	56	50	53	52
Частота обертання ланки I n , об/хв	2000	1510	1660	2500	1540	1900	2465	1920	1360	1600
Положення механізму для кінематичного дослідження	8	9	10	11	0	1	2	3	4	5