

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Начально-науковий інститут «Інститут промислових та бізнес**  
**технологій»**

---

---



**РОБОЧА ПРОГРАМА,**  
**методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни**

**“ Теорія механізмів та машин ”**

**для студентів спеціальностей 8.131 - прикладна механіка,**  
**8.133 – галузеве машинобудування (бакалаврський рівень)**

УДК 621.01 (07)

Робоча програма, методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни „Теорія механізмів та машин” для студентів спеціальностей 8.131 - прикладна механіка, 8.133 – галузеве машинобудування (бакалаврський рівень) Упорядники: В.І. Літвішков, Л.Г. Заїка – НМетАУ, 2019. – 52 с.

Робота містить програму курсу, питання для самопідготовки по розділам курсу, завдання для виконання контрольних робіт і методичні вказівки до виконання контрольних завдань.

Призначена для студентів спеціальностей:

8.131 - прикладна механіка,

8.133 – галузеве машинобудування (бакалаврський рівень)

Упорядники: В.І. Літвішков, канд. техн. наук, доц.

Л.Г. Заїка, ст. викладач

В. М. Рубан, асистент.

Відповідальний за випуск: І.В. Добров, канд. техн. наук, доц.

Рецензент \_\_\_\_\_

## Зміст

	Стор.
Введення	4
1. Загальні методичні вказівки	4
2. Програма курсу	5
3. Запитання для самопідготовки	9
4. Контрольні роботи	13
5. Лабораторні роботи	19
6. Курсовий проект	19
7. Методичні вказівки	20
8. Література	32
9. Додатки	33

## **ВВЕДЕННЯ**

Все передове, що створює наукова й інженерна думка, машинобудування покликане без зволікання освоювати, втілювати в машини, прилади й технологічні лінії. Науковою основою створення нових високоефективних, надійних машин, приладів і технологічних ліній є теорія механізмів і машин, під якою мається на увазі наука про загальні методи дослідження й проектування механізмів і машин. Виклад цих методів у навчальному курсі “Теорія механізмів і машин” логічно пов'язаний з попередніми курсами “Вища математика” і “Теоретична механіка”, які дають загальну механіко-математичну підготовку, і з наступними спеціальними курсами по окремих видах машин, що використовують загальні методи теорії механізмів і машин.

### **1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

Навчальна робота студента-заочника по вивченню курсу “Теорія механізмів і машин” включає вивчення теоретичного матеріалу по навчальних посібниках, рішення типових завдань, виконання контрольних і лабораторних робіт, курсового проекту, здачу заліків і іспиту.

При читанні навчального посібника необхідно писати конспект, приводячи в ньому основні положення й висновки теорії. Варто прослухати курс лекцій по теорії механізмів і машин, які читаються для студентів-заочників.

Крім цього, необхідно широко використати очні консультації викладачів. При підготовці до виконання контрольних робіт треба після вивчення відповідних розділів програми розібрати приклади рішення типових завдань, поміщених у задачник по теорії механізмів і машин, самостійно вирішити ряд завдань. Виконані контрольні роботи надаються на рецензування. Рішення варто супроводжувати короткими, послідовного й грамотними (без скорочення слів) поясненнями й графічними побудовами. На обкладинці контрольній роботі повинні бути чітко написаний; номер контрольної роботи, назва дисципліни, прізвище, ім'я та по батькові студента (повністю), назва факультету й спеціальності, навчальна шифр дата відсилання роботи, точний поштова адреса. Контрольні роботи, оформлені недбало й без дотримання пропонованих до них вимог, не розглядаються.

При проведенні лабораторних робіт студент знайомить із експериментальними методами дослідження й проектування механізмів і

машин. Після виконання лабораторних робіт і оформлення звітів по них студент здає залік.

Курсовий проєкт по теорії механізмів і машин виконується паралельно з вивченням теоретичного матеріалу. Тема індивідуального курсового проєкту видається викладачем. У процесі виконання курсового проєкту студент повинен одержати необхідні практичні навички по застосуванню основних положень і виводів теорії й рішенню конкретних технічних завдань. Виконаний курсовий проєкт рецензується викладачем кафедри й потім проводиться його захист.

До екзамену з курсу теорії механізмів і машин допускаються студенти, що здали екзамен із всіх розділів теоретичної механіки, що представили зараховані контрольні роботи, що мають залік по лабораторних роботах і ті, що захистили курсовий проєкт.

## **2. ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ.**

### **ВВЕДЕННЯ**

Теорія механізмів і машин є наука, що вивчає будову, кінематику й динаміку механізмів і машин у зв'язку з їхнім аналізом і синтезом. Курс теорії механізмів і машин - найважливіше середовище інших загальтехнічних дисциплін у навчальному плані підготовки інженера. Наукові основи й технічні прийоми, досліджувані в теорії механізмів і машин, базуються на загальних законах теоретичної механіки. Однак курс теорії механізмів і машин використовує ці закони для розробки не тільки методів аналізу механізмів і машин, але також і їхнього синтезу (проектування).

Завдання курсу - дати основні відомості по проектуванню машин і механізмів і освітити питання їхньої механіки, таким чином питання руху й роботи.

## **СТРУКТУРА Й КІНЕМАТИКА МЕХАНІЗМІВ**

### **2.1. Структура механізмів**

Ступені волі й умови зв'язку. Структура кінематичних пар. Класифікація кінематичних пар. Кінематичні ланцюги. Число ступенів волі й ступінь рухливості просторової (загальний випадок) і плоского кінематичного ланцюга. Формули Сомова - Малишева й Д.Л. Чебишева. Визначення поняття, що таке механізм. Кінематична й структурна схеми плоского механізму.

Початковий механізм. Групи Ассура і їхня класифікація. Послідовність утворення плоских механізмів по Ассуру. Класифікація плоских механізмів. Структурний аналіз плоских механізмів.

## **2.2. Кінематичне дослідження плоских механізмів**

Методи й завдання кінематичного дослідження. Різновиди двоповодкових груп і побудова положень їхніх ланок і траєкторій точок ланок. Масштабний коефіцієнт плану механізму. Побудова кінематичних діаграм. Метод планів швидкостей точок ланки. Допоміжні завдання, застосовувані при визначенні швидкостей. Теорема про подобу для планів швидкостей ланки механізму. Визначення швидкостей крапок ланок двоповодкових груп. Допоміжні завдання, застосовувані при визначенні прискорень. Визначення прискорень точок ланок двоповодкових груп. Визначення кутових швидкостей і прискорень ланок механізму за його планами швидкостей і прискорень.

## **2.3. Кулачкові механізми**

Загальні відомості про кулачкові механізми і їхнє застосування. Основні типи плоских і найпростіших просторових кулачкових механізмів. Аналіз руху кулачкових механізмів при заданому профілі кулачка. Метод зворотного руху. Фазові й профільні кути повороту кулачка. Підстава для вибору закону руху вихідного (веденого) ланки кулачкового механізму. Визначення розмірів ланок кулачкових механізмів з гострим або поставленим роликком штовхачем. Побудова профілю кулачка за заданим законом руху. Аналітичний спосіб обчислення координат еквідистанти й профілю. Визначення  $r_0$  для кулачкових механізмів із плоским штовхачем. Побудова профілів найпростіших просторових кулачків.

## **2.4. Плоскі зубчасті триланкові механізми**

Типи плоских зубчастих **триланкових** механізмів. Передатні відношення. Основна теорема про зачеплення профілів зубів прямозубих циліндричних коліс із постійним передатним відношенням. Евольвенти окружності і її властивості. Параметричні рівняння евольвенти в полярних координатах. Можливість використання евольвенти в полярних координатах. Можливість використання евольвенти кола як профілів зубів зубчастих коліс. Параметри й геометричні розміри прямозубого циліндричного зубчастого колеса. Профілювання зовнішнього зачеплення прямозубого циліндричного нормального зубчастого колеса. Кут зачеплення, лінія зачеплення й дуга зачеплення. Активна частина лінії зачеплення. Сполучені робочі ділянки профілів. Коефіцієнт перекриття. Основні методи виготовлення зубчастих

коліс (метод копіювання й метод обкатування). Підрізання зубів коліс евольвентного профілю. Мінімальне число зубів малого колеса.

## **2.5. Складні зубчасті механізми**

Передатне відношення послідовного й паразитного ряду коліс, Співвісний або зворотний ряд. Основна формула для епіциклічного ряду коліс. Диференціальний і планетарний механізми. Передатне відношення для простого планетарного механізму. Підбір чисел зубів для планетарних механізмів.

## **2.6. Найпростіші просторові зубчасті механізми**

Типи просторових зубчастих механізмів. Конічні зубчасті механізми передатне відношення, наближене профілювання. Визначення передатного відношення гвинтової передачі.

# **СТАТИКА Й ДИНАМІКА МАШИН**

## **2.7. Введення в статику й динаміку машин**

Класифікація машин. Механізм і машина. Завдання статичної й динамічної машин.

## **2.8. Сили, що діють у машинах**

Класифікація сил. Зовнішні сили й механічні характеристики машин. Визначення сил інерції ланок при поступальному, обертальному навколо нерухомої осі й рівнобіжному-плоско-паралельному русі. Визначення сил інерції методом заміщення мас.

## **2.9. Кінетостатика механізмів**

Завдання кінетостатичної механіки. Умови статичної визначності груп ланок (кінематичного ланцюга). Послідовність силового дослідження плоского механізму. Кінетостатика двоповодкових груп. сила, що врівноважує, і момент. Кінетостатичний розрахунок механізмів. Застосування принципу можливих переміщень при визначенні сили, що врівноважує. Допоміжний важіль Н.Е. Жуковського.

## **2.10. Тертя в кінематичних парах**

Види тертя. Кут і конус тертя. Тертя в поступальній парі. Похила площина. Тертя в обертальній парі при наявності зазору між цапфою й вкладишем. Коло тертя. Тертя в цапфі, що приробила. Тертя при коченні (тертя другого роду). Переміщення тіл на котках.

## **2.11. Передача роботи й потужності**

Кінетична енергія механізму й робота сил, що діють у машині. Приведення мас і сил. Умови сталих і несталою рухів машини. Коефіцієнт корисної дії машини.

## **2.12. Коефіцієнт корисної дії різних механізмів**

Загальні положення. Коефіцієнт корисної дії похилої площини і її модифікацій. Коефіцієнт корисної дії епіциклічних передач. Коефіцієнт корисної дії диференціала.

## **2.13. Рух механізмів під дією заданих сил**

Рівняння руху механізмів. Перманентний і початковий рух механізму. Інтегрування рівняння руху у випадку сил, що залежать від положення ланки.

## **2.14. Нерівномірність ходу машини**

Середня кутова швидкість початкової ланки. Коефіцієнт нерівномірності й міра нерівномірності. Вплив маховика на нерівномірність ходу машини. Наближений метод визначення моменту інерції маховика. Метод К.Э.Рериха. Визначення моменту інерції маховика по методу Віттенбауера. Визначення моменту інерції маховика машини з електричним приводом. Визначення розмірів маховика.

## **2.15. Зрівноважування й балансування обертових мас**

Завдання зрівноважування механізмів. Зрівноважування обертових мас, розташованих в одній площині. Зрівноважування обертових мас у загальному випадку. Статичне й динамічне балансування обертових мас.



## **2.16. Зрівноважування сил інерції механізмів**

Визначення центра ваги механізму. Статичне зрівноважування механізмів. Зрівноважування сил і моментів сил інерції.

## **3. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ**

### **3.1. Структура механізму**

1. Дайте визначення ланки механізму. 2. Що таке кінематична пара? 3. По яких ознаках класифікують кінематичні пари? 4. Назвіть основні кінематичні пари. Поясніть розподіл пар на вищі й нижчі. 5. Приведіть приклади просторових кінематичних пар. 6. Що називається кінематичним ланцюгом? 7. По якій формулі визначають ступінь волі плоского механізму? 8. По якій формулі визначають ступінь рухливості просторового механізму? 9. Поясніть фізичний зміст числових коефіцієнтів у структурних формулах. 10. Який кінематичний ланцюг називається групою Ассура? 11. Чим визначається клас і порядок механізму? 12. Яка схема механізму називається кінематичною, а яка - структурною? 13. Для чого виробляється структурний аналіз плоского механізму? 14. У якій послідовності проводиться структурний аналіз плоского механізму?

### **3.2. Кінематичний аналіз механізму**

1. У чому полягають завдання кінематичного аналізу плоских механізмів? 2. Побудуйте план механізму із двоповодковою групою. 3. Побудуйте траєкторію заданої точки плоского механізму. 4. Як будуються плани швидкостей і прискорень для механізмів, що містять двоповодкові групи Ассура із трьома обертальними парами? 5. Як будуються плани швидкостей і прискорень для механізмів, що містять двоповодкові групи Ассура із зовнішньою поступальною парою? 6. Як будуються плани швидкостей і прискорень для механізмів, що містять двоповодкові групи Ассура із внутрішньою поступальною парою? 7. Напишіть векторні рівняння, що зв'язують швидкості двох точок однієї ланки, і рівняння, що зв'язують прискорення цих точок. 8. Як підраховуються величини нормальних прискорень? 9. Як визначити відрізки, що зображують нормальні прискорення? 10. Як спрямоване нормальне прискорення точки? 11. Як визначають величини кутових швидкостей і прискорень ланок плоского механізму. 12. Як визначають напрямки кутових швидкостей і прискорень ланок плоского механізму за його планами швидкостей і прискорень?

### 3.3. Кулачкові механізми

1. Накреслите схеми розповсюджених типів плоских і просторових механізмів. 2. Як по кресленню кулачкового механізму одержати діаграму переміщень вихідного (веденого) ланки? 3. Яким методом користуються для того, щоб одержати діаграму переміщення вихідної ланки кулачкового механізму? 4. Як, використовуючи діаграму переміщень, одержати діаграми аналога швидкостей і аналога прискорення вихідної ланки? 5. Як визначити масштаби для зазначених діаграм? 6. По якій умові виробляється визначення початкового радіуса  $r_0$  окружності кулачка? 7. Покажіть кут тиску (кут передачі) на різних типах механізмів. 8. У чому полягає завдання аналізу, а в чому полягає завдання синтезу кулачкового механізму? 9. Як побудувати профіль кулачка, якщо відомо закон руху вихідної ланки? 10. Як у цьому випадку вибирається положення центра кулачка щодо вихідного (веденого) ланки?

### 3.4. Зубчасті передачі

1. У чому полягає зміст основної теореми про зачеплення профілів зубів прямозубих зубчастих коліс? 2. Як будуються евольвенти кола і які її основні властивості? 3. Назвіть основні параметри й геометричні розміри зубчастого колеса. 4. Як визначається активна частина лінії зачеплення, робоча ділянка профілю зуба, дуга зачеплення? 5. Як зв'язані довжини дуги зачеплення й активної частини лінії зачеплення? 6. Що таке коефіцієнт перекриття і як він підраховується? 7. Від яких величин і як залежить коефіцієнт перекриття? 8. Як залежить коефіцієнт перекриття від модуля зачеплення? 9. Назвіть методи виготовлення зубчастих коліс, дайте їхню характеристику й назвіть інструмент, що застосовується при цих методах. 10. Чому евольвентне зачеплення має переважне застосування? 11. Приведіть формулу для визначення мінімального числа зубів з умови відсутності підрізання. 12. Як визначаються передатні (частки) відношення й загальне передатне відношення послідовного ряду зубчастих коліс? 13. Який ряд зубчастих коліс називається паразитним? 14. Яку особливість має співвісний ряд зубчастих коліс? 15. Який ряд зубчастих коліс називається епіциклічним? 16. Приведіть формулу, що зв'язує частоту обертання першого й останнього колеса із частотою обертання в диференціальному механізмі. 17. Напишіть формулу передатного відношення епіциклічної передачі. 18. Напишіть формулу передатного відношення зверненої зубчастої передачі. 19. Назвіть основні види просторових зубчастих передач. 20. Як визначається передатне відношення конічної зубчастої передачі? 21. Як здійснюється наближене профілювання конічної зубчастої передачі? 22. Як зв'язуються між собою нормальний і торцевий крок гвинтової передачі?

### **3.5. Сили інерції ланок. Кінетостатика механізмів.**

#### **Важіль Н.Е. Жуковського**

1. Як ураховуються сили інерції у випадках поступального, обертального й плоско-паралельного рухів? 2. З якою метою в систему діючих на механізм сил вводяться сили інерції? 3. У чому полягає завдання кінетостатичного аналізу механізму, що відомо й що потрібно знайти? 4. Які умови статичної визначності кінематичного ланцюга? 5. Що заздалегідь відомо про лінії дії реакцій в обертальних і поступальних парах (без обліку сил тертя)? 6. Чому не можна виконувати кінетостатичний аналіз механізму в цілому? 7. Чому група Ассура статично визначена? 8. Яка послідовність кінетостатичного дослідження плоского механізму? 9. Як проводиться кінетостатичний аналіз двоповодкової групи із трьома обертальними кінематичними парами? 10. Як проводиться кінетостатичний аналіз двоповодкової групи із зовнішньою поступальною парою? 11. Як проводиться кінетостатичний аналіз двухповодкової групи із внутрішньою поступальною парою? 12. Яким способом, крім кінетостатичний аналізу, можна визначити силу, що врівноважує, і момент, що врівноважує? 13. Що таке сила, що врівноважує, і момент, що врівноважує? 14. На якому принципі ґрунтується теорема Жуковського про твердий важіль? 15. Як визначається сила, що врівноважує, при важелі Жуковського? 16. Який фізичний зміст моменту сили щодо полюса, поверненого на  $90^\circ$  плану сил?

### **3.6. Тертя в кінематичних парах**

1. Які види тертя можуть бути в механізмах? 2. Які види тертя ковзання ви знаєте? 3. Яка залежність існує між нормальною реакцією й силами тертя ковзання спокою й руху? 4. Назвіть фактори, що впливають на величину сили тертя. 5. Яку розмірність має коефіцієнт тертя ковзання? 7. Як зв'язані між собою кут тертя й коефіцієнт тертя ковзання? 8. Якою формулою визначається сила  $P$ , що забезпечує рівномірне руху тіла по похилій площині? 9. При яких умовах виникає явище самогальмування на похилій площині? 10. Як спрямовані рівнодіючих сил  $Q$  і реакція опори  $R$  в ідеальній цапфі? 11. Напишіть формулу для визначення сил тертя в цапфі із зазором. 12. Що таке кут тертя й коло тертя? 13. Напишіть формулу для визначення моменту сил тертя в цапфі без зазору.

### **3.7. Приведення мас і сил**

1. Що таке приведення мас і сил? 2. Яка умова еквівалентності повинне бути при приведенні мас (моментів інерції)? 3. Яка умова еквівалентності повинне бити при приведенні сил (моментів сил)? 4. Напишіть формулу для приведеної маси ланки. 5. Напишіть формулу для приведеного моменту інерції

ланки. 6. Чому приведена маса (або момент інерції) для важільного механізму змінюються зі зміненому положення ланки приведення а для зубчастого механізму постійна? 7. Чи міняється приведена маса зі зміною швидкості ланки приведення? 8. Дайте характеристику приведенного моменту інерції ланки. 9. Напишіть формулу для приведенного моменту сил. 10. Напишіть формулу для приведеної сили. 11. Чи залежить величина приведеної сили в даному положенні механізму від швидкості ланки приведення?

### **3.8. Рух механізмів під дією заданих сил**

1. Який режим роботи машини називається сталої? 2. Що такий несталий рух машини? 3. Які кінематичні ознаки сталих і несталою рухів? 4. Які динамічні ознаки сталих і несталою рухів? 5. Чи змінюється кінетична енергія важільного механізму за цикл або усередині циклу усталеного руху? 6. Напишіть рівняння руху у формі кінетичної енергії. 7. Напишіть рівняння руху у формі Лагранжевих рівнянь. 8. Напишіть рівняння руху у формі основного й додаткового рухів. 9. Які причини зміни швидкості ланки приведення важільного механізму при сталому режимі роботи?

### **3.9. Нерівномірність ходу машини. Розрахунок маховика. Зрівноважування обертових мас**

1. Яка величина називається коефіцієнтом нерівномірності ходу машини? 2. Як оцінюється рівномірність обертання вхідного (ведучого) ланки механізму? 3. Від чого залежить коефіцієнт  $\delta$  при заданих рушійних силах опору й  $\omega_{cp}$ ? Як зменшити коефіцієнт нерівномірності? 5. У чому полягає роль маховика в машині? 6. Напишіть формулу для наближеного розрахунку маховика. 7. Що потрібно для визначення надлишкової роботи? 8. Поясніть регулюючу дію маховика по фізичному змісті, по рівнянню кінетичної енергії покажіть, що збільшення моменту інерції обертової ланки механізму вирівнює його швидкість. 9. У чому полягають два завдання зрівноважування мас ланок механізму? 10. Чому дорівнює головний вектор і головний момент сил інерції точок обертової ланки при приведенні їх до крапки на осі обертання? 11. У чому полягає завдання статичного й динамічного балансування обертової ланки? 12. У чому полягає завдання повного й часткового зрівноважування механізму?

## **4. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ**

**(для студентів спеціальності: 8.131 - прикладна механіка)**

При вивченні курсу студенти виконують дві контрольні роботи. У першу контрольну роботу входять три завдання, а в другу - одне завдання. Завдання складені відповідно до змісту курсу.

Номера завдань, що входять у першу контрольну роботу, визначається в такий спосіб: з таблиці 4.1 по першій букві прізвища й останній цифрі шифру студента вибирається номер завдання, а з таблиці 4.2 за обраним завданням визначається номер завдань, що входять у контрольні роботи (додаток 1,2 і 3).

Перша контрольна робота має завдання для проведення структурного аналізу схем просторових і плоского стрижневого механізмів і складного зубчастого механізму для визначення передатного відношення (всі дані для цього завдання приведені в таблиці 4.3).

Друга контрольна робота передбачає проектування стрижневого механізму, кінематична схема якого представлена в додатку 4, виконання для неї кінематичного аналізу й кінетостатичного розрахунку з перевіркою важелем Жуковського.

**Вибір номера завдання**

Перші букви прізвища	Останні цифри шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А, П	1	15	29	15	29	56	39	10	40	54
Б, Р	2	16	30	16	43	57	40	11	41	55
В, С	3	17	31	17	44	58	41	12	42	56
Г, Т	4	18	32	18	45	59	42	13	43	57
Д, У	5	19	33	19	46	60	14	30	44	58
Е, Ф	6	20	34	20	47	30	1	31	45	59
Ж, Х	7	21	35	21	48	31	2	32	46	60
З, Ц	8	22	36	22	49	32	3	33	47	14
И, Ч	9	23	37	23	50	33	4	34	48	13
К, Ш	10	24	38	24	51	34	5	35	49	12
Л, Щ	11	25	39	25	52	35	6	36	50	11
М, Є	12	26	40	26	53	36	7	37	51	10
Н, Ю	13	27	41	27	54	37	8	38	52	9
О, Я	14	28	42	28	55	38	9	39	53	8

**Номера завдань**

Номер завдання	Номера завдань до:		Номер завдання	Номера завдань до:	
	контрольної роботи №1	контрольної роботи №2		контрольної роботи №1	контрольної роботи №2
1	40, 44, 97	1А	31	10, 71, 104	16А
2	39, 43, 98	1Б	32	9, 72, 105	16Б
3	38, 42, 99	2А	33	8, 73, 106	17А
4	37, 41, 100	2Б	34	7, 74, 107	17Б
5	36, 45, 101	3А	35	6, 75, 108	18А
6	35, 46, 102	3Б	36	5, 76, 109	18Б
7	34, 47, 103	4А	37	4, 77, 110	19А
8	33, 48, 104	4Б	38	3, 78, 111	19Б
9	32, 49, 105	5А	39	2, 79, 112	20А
10	31, 50, 106	5Б	40	1, 80, 113	20Б
11	30, 51, 107	6А	41	40, 81, 114	21А
12	29, 52, 108	6Б	42	39, 82, 115	21Б
13	28, 53, 109	7А	43	38, 83, 116	22А
14	27, 54, 110	7Б	44	37, 84, 103	22Б
15	26, 55, 111	8А	45	36, 85, 102	23А
16	25, 56, 112	8Б	46	35, 86, 101	23Б
17	24, 57, 113	9А	47	34, 87, 100	24А
18	23, 58, 114	9Б	48	33, 88, 99	24Б
19	22, 59, 115	10А	49	32, 89, 98	25А
20	21, 60, 116	10Б	50	31, 90, 97	25Б
21	20, 61, 117	11А	51	30, 91, 136	26А
22	19, 62, 118	11Б	52	29, 92, 135	26Б

23	18, 63, 119	12A	53	28, 93, 134	27A
24	17, 64, 120	12Б	54	27, 94, 133	27Б
25	16, 65, 121	13A	55	26, 95, 132	28A
26	15, 66, 122	13Б	56	25, 96, 131	28Б
27	14, 67, 123	14A	57	24, 41, 130	29A
28	13, 68, 124	14Б	58	23, 42, 129	29Б
29	12, 69, 125	15A	59	22, 43, 128	30A
30	11, 70, 126	15Б	60	21, 44, 127	30Б



## Вихідні дані

Номер завдання	Число зубців																	
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>2'</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>3'</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>4'</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>5'</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>6'</sub>	Z <sub>7</sub>	Z <sub>7'</sub>	Z <sub>8</sub>	Z <sub>8'</sub>	Z <sub>9</sub>	Z <sub>9'</sub>	Z <sub>10</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
97	15			30	20	40	35					70						
98	16		32	30				21		42	18		24	72				
99	21	42	180	30				220										
100	18		21	75			20			80	15			80				
101	150			30	17			68	25									
102	15					30	20	30	22		17			51				
103		70	24	72			14	21	15	30	18	45						
104	20	40		75				50	25	100								
105	100	25	20	40				125		25								
106	20					40	35	70	30					150				
107	20	80	25	50	30													
108	25	75	20	80				24		72	20							
109	15	45	30	150	20					50								
110	25	50		80				25		70								
111		25	20	100	35			70	25	50								
112	15	30	20					50		70		100						
113	15	45						20		80					40	20	30	60
114	20	80	25	50	20	40						45		25	20			
115	16	32	16	64	20			40										
116	15	45	30	60		45		60	30		20	80						
117	25	50	30	45	60			40										
118	15	30	20	100	30			60		130								

119	20	60	30			120	30	50										
120	20	40	25	50						24		48						
121	150	50	40															
122	20	40	25	125														
123	125	25	20	120														
124	115	60	20			100		25										
125	20	40	16		25	35	15	75	18	54	24							
126	25	50			20	40	25		20			120						
127	18	36	16		25	50	24	48										
128	150	50	30	20	28			56	36									
129	30	60					25			125								
130	16					32	48	64		72	32	64						
131	20					60	40	80	38	76		154						
132	150	30	20				25	50	30			90						
133	120	24	30			45	20	80	24	48	16							
134	30		135	150		45	30				60	90						
135	20	40	30	60	35	105	24					120						
136	16			48	30	150	32	64		72								

## 5. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

У лабораторних роботах з теорії механізмів і машин передбачається виконання таких завдань:

- 1) Складання структурних схем механізмів і проведення структурного аналізу;
- 2) Складання кінематичних схем механізмів у відповідному масштабі й побудова діаграми  $S = f(\varphi)$ ;
- 3) Обмірювання зубчастого колеса й визначення його геометричних розмірів;
- 4) Побудова за допомогою приладів евольвентних зубчастих профілів;
- 5) Експериментальне визначення швидкостей, прискорень і сил, що діють на ланки;
- 6) Динамічне зрівноважування обертових мас при відомому розташуванні неврівноваженості;
- 7) Динамічне балансування ротора при невідомому розташуванні неврівноважених мас.

## 6. КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

**(для студентів спеціальності: 8.133 – галузеве машинобудування  
(бакалаврський рівень))**

Проект виконується на 3 - 4-х аркушах формату А1 (598х641) і повинен містити рішення завдань проектування схем механізмів і машин.

Зразковий перелік змісту окремих аркушів проекту:

- I. Кінематичний аналіз стрижневого механізму;
2. Синтез зубчастої передачі;
3. Кінетостатика стрижневого механізму;
4. Розрахунок маховика.

Курсовий проект повинен бути представлений на кафедру й захищений до 1-го травня.

## 7. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### 7.1. До виконання контрольних робіт

При структурному аналізі для зазначених схем просторового механізму маніпулятора або промислового робота й плоского стрижневого механізму варто побудувати без дотримання масштабів кінематичні схеми, дотримуючись умовних позначок представлених у таблиці 7.1. Потім необхідно пронумерувати ланки й визначити число кінематичних пар відповідної рухливості (відповідного роду). Після цього визначається ступінь волі (ступінь рухливості) механізму. Число ступенів рухливості просторових механізмів визначається по формулі Сомова-Малишева:

$$W = 6(n - 1) - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5,$$

де  $n$  число всіх ланок;

$p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  - число кінематичних пар відповідної рухливості (відповідного роду).

Для плоских механізмів число ступенів волі варто визначати по формулі П. Л. Чебишева

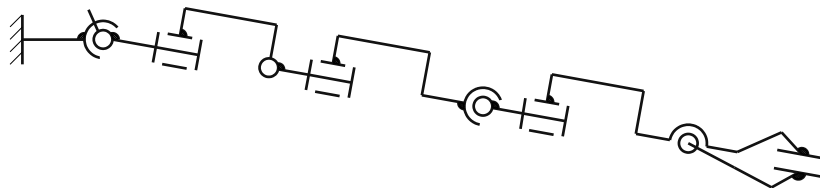
$$W = 3(n - 1) - 2p_1 - p_2,$$

де  $n$  - число всіх ланок;  $p_1$  - число однорухливих пар (першого роду);  $p_2$  - число дворухливих пар (другого роду).


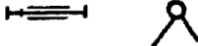
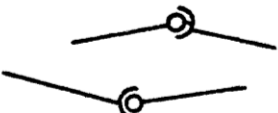
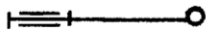
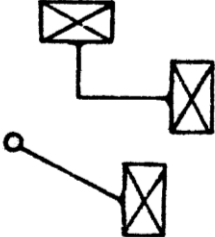
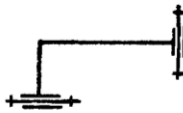



Після цього для плоского механізму складається структурна схема, де замість повзунів вводяться повідці, потім виділяються групи Ассура й визначається клас і порядок механізму.




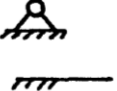




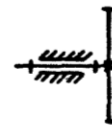

Розглянемо все це на прикладах.

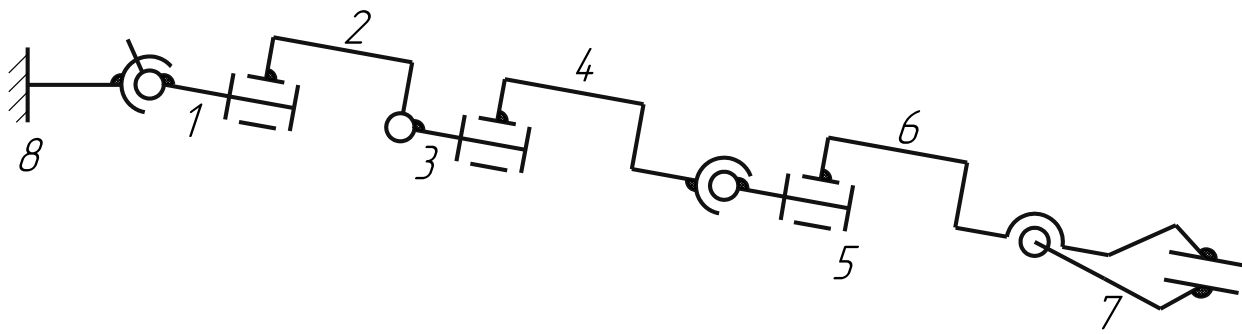
Просторовий механізм:



## Умовні позначки

Ескіз елемента	Назва елемента
	Поступальна кінематична пара
	Обертальна кінематична пара
	Кульовий шарнір з пальцем
	Кульовий шарнір
	Ланка двошарнірна
	Ланка із двома поступальними парами
	Ланка з поступальною й обертальною парами
	Ланки двошарнірні
	Ланка-повзун

Ескіз елемента	Назва елемента
         	<p>Ланки тришарнірні</p> <p>Нерухома стійка</p> <p>Нерухомі напрямні</p> <p>З'єднання двох ланок</p> <p>Складні шарніри</p> <p>Зубчасте колесо із зовнішнім зачепленням</p> <p>Зубчасте колесо із внутрішнім зачепленням</p>



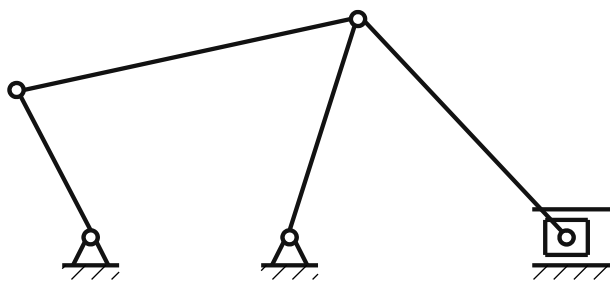
$$n = 8; p_1 = 5; p_2 = 1; p_3 = 1;$$

$$W = 6(n - 1) - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5$$

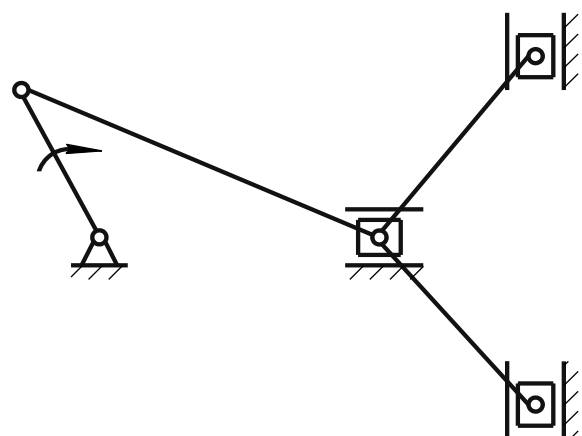
$$W = 6(8 - 1) - 5 \times 5 - 4 \times 1 - 3 \times 1 = 10$$

Плоскі механізми:

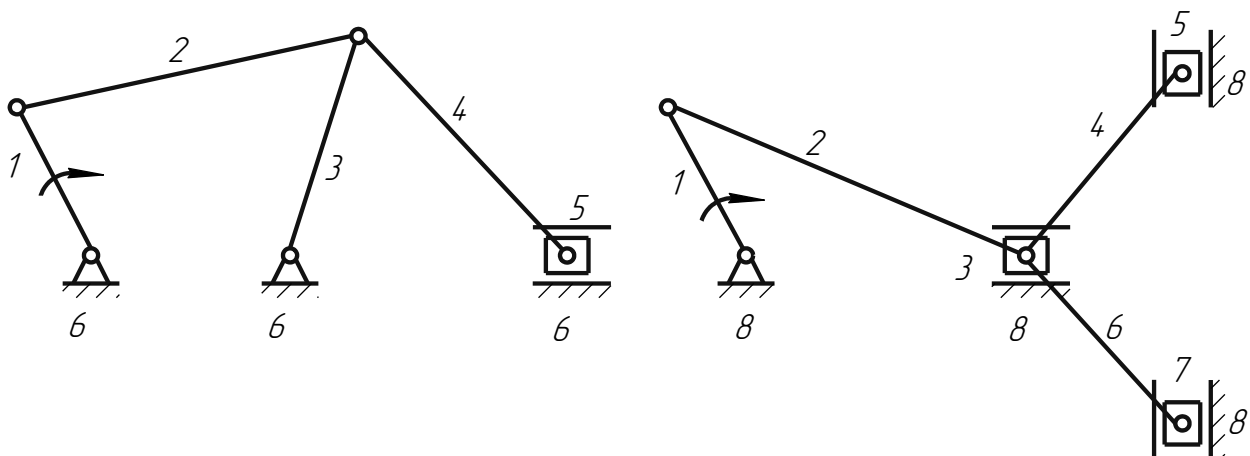
Хитний транспортер



Пресс подвійної дії



Нумеруємо ланки. Нумерацію ланок варто починати від вхідного (ведучого) ланки.

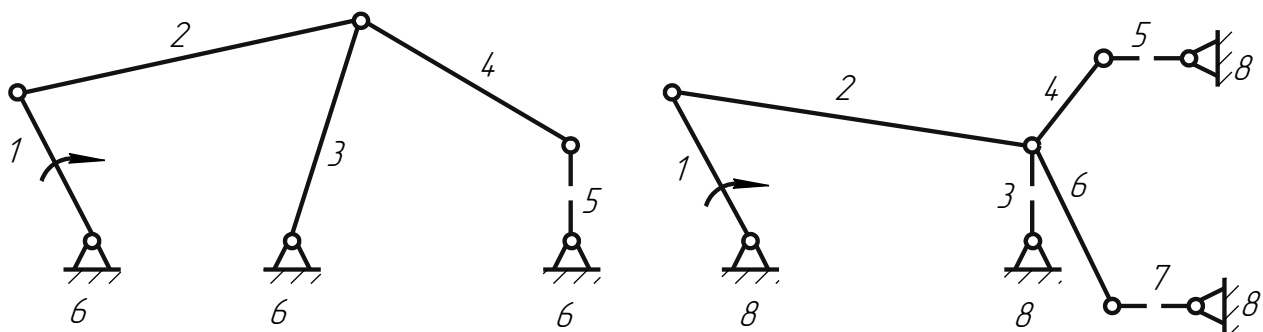


Як бачимо, для хитного транспортера всього ланок  $n=6$ , а число рухливих будемо  $n-1=5$ . Для подвійного преса всього  $n=8$ , а рухливих  $n-1=7$ .

При підрахунку кінематичних пар варто звернути увагу на наявність у механізмах складного шарніра, де число кінематичних пар буде на одиницю менше числа збіжних ланок.

У хитного транспортера складний шарнір утворять ланки 2, 3 і 4 – три ланки, а в подвійного преса ланки 2, 3, 4 і 6 – чотири ланки. У першому випадку  $n=4, p_1=3$ . Звідси в хитного транспортера кінематичних пар однорухливих (першого роду) буде  $p_1=2$ , а в другому випадку  $n=4, p_1=3$ . Звідси в хитного транспортера кінематичних пар однорухливих (першого роду) буде  $p_1=7$ , а  $p_2=0$ . Отже,  $W=3(6-1)-2 \times 7=1$ .

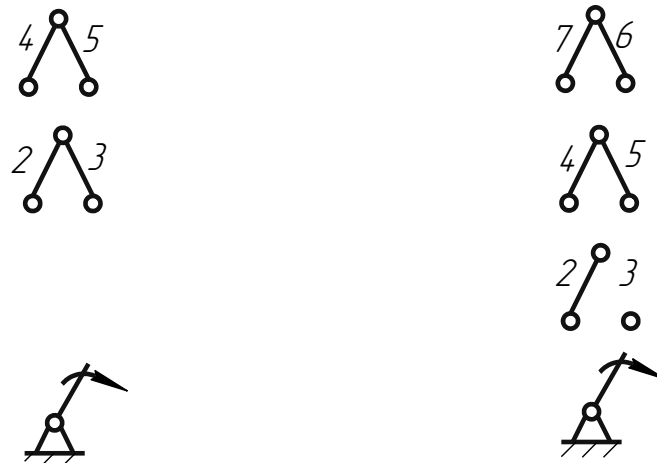
Структурні схеми для зазначених механізмів будуть мати такий вигляд:



Виділення структурних груп (груп Ассура) варто починати від вихідного (веденого) ланки. При цьому необхідно пам'ятати, що група Ассура повинна



мати парне число ланок і ступінь рухливості її  $W=0$ , а механізм, що залишився, повинен зберегти той же ступінь волі, що він мав. Виділення група Ассура варто здійснювати в такій послідовності:



Таким чином, із составів механізмів виділені тільки двоповодкові групи Ассура другого порядку (по числу вільних повідців).

Отже, представлені механізми (хитний транспортер і прес подвійної дії) відносяться до механізмів другого класу по класифікації Ассура-Артоболевського, і другого порядку.

Для кінематичного аналізу складних зубчастих механізмів використовуються кінематичні схеми, представлені в додатку 3.

У цьому випадку варто визначити загальне передатне відношення між вхідним (ведучим) і вихідним (веденим) ланками і його знак. При цьому необхідно звернути увагу, що складні зубчасті механізми мають у своєму составі зубчасті механізми з нерухожими осями й зубчасті механізми з рухливими осями коліс, так звані епіциклічні передачі, що представляють собою співвісні зубчасті передачі, із зовнішнім і внутрішнім зачепленням зубчастих коліс.

$$z_1; z_2; z_{2I}; z_3.$$

Умова співвісності при однакових модулях у парах зубчастих коліс пишеться в такому виді:

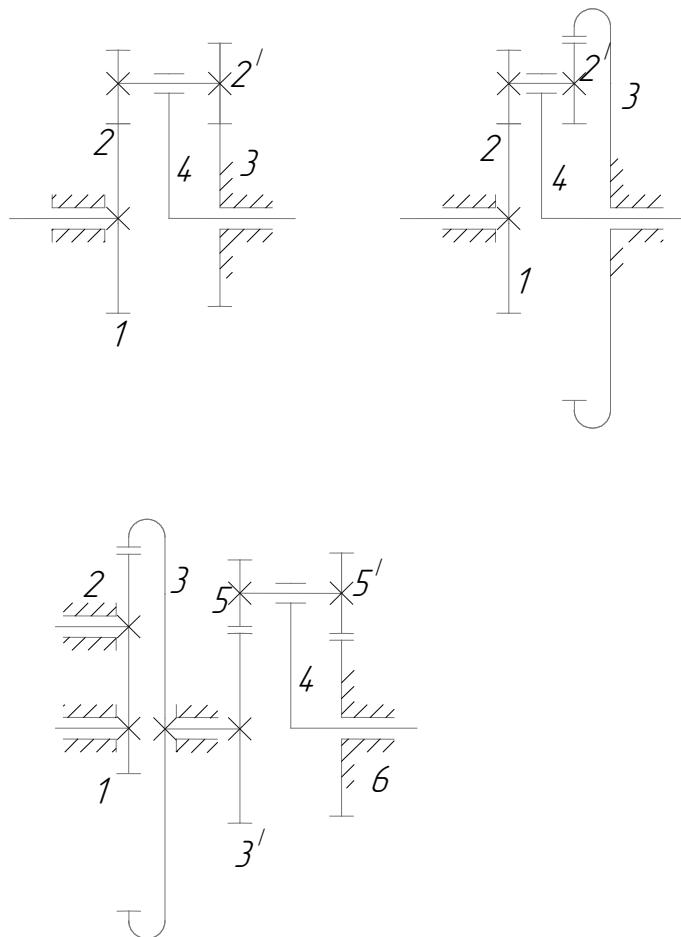
для схеми - 1

$$z_1 + z_2 = z_3 + z_{2I}$$

для схеми - 2

$$z_1 + z_2 = z_3 - z_{2I}$$

ПОРЯДОК виконання зазначеної контрольної роботи розглянемо на представленому прикладі складного зубчастого механізму.



$$z_1 = z_{3'} = z_{5'} = 20;$$

$$z_3 = 60;$$

$$z_5 = 40.$$

Як видно на малюнку, загальне передатне відношення наведеної зубчастої передачі запишеться як добуток приватних передатних відносин зубчастих механізмів з нерухомими й рухливими осями. Остання являє собою планетарну передачу

$$u_{14} = u_{13} \times u_{3'4}$$

Перша зубчаста передача являє собою паразитний ряд з паразитним колесом  $z_2$ . Передатне відношення для зазначеного ряду запишеться в такому виді

$$u_{13} = -\frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_3}{z_2} = -\frac{z_3}{z_1}.$$

Підставивши значення, одержимо

$$u_{13} = -\frac{60}{20} = -3.$$

Друга зубчаста передача являє собою планетарний зубчастий механізм, передатне відношення якого визначається в такий спосіб

$$u_{3'4} = 1 - u_{3'6},$$

де  $u_{3'6}$  - передатне відношення зверненої співвісної зубчастої передачі запишеться в такому виді

$$u_{3'6} = \frac{z_6}{z_{5'}} \times \frac{z_5}{z_{3'}} \times (-1)^m.$$

Тут  $m$  - число зовнішніх зачеплень. У нашому випадку  $m=2$ . Тому що число зубів  $z_6$  не задано, те використовуємо умови співвісності

$$z_{3'} + z_5 = z_6 + z_{5'}$$

визначимо

$$z_6 = z_{3'} + z_5 - z_{5'}.$$

Підставивши значення, одержимо

$$z_6 = 20 + 40 - 20 = 40.$$

Отже

$$u_{3'6} = \frac{40}{20} \times \frac{40}{20} (-1)^2 = 4.$$

Звідси

$$u_{3'4} = 1 - 4 = -3.$$

Таким чином, загальне передатне відношення дорівнює

$$u_{14} = 3 \times (-3) = 9.$$

Для другої контрольної роботи варто використати кінематичну схему, представлену в додаток 4.

По заданих умовах, наведеним у таблиці 7.2 необхідно:

- спроектувати механізм і побудувати 8 положень плану механізму з одного полюса;
- побудувати для всіх 8-ми положень плани швидкостей (усе з одного полюса);
- побудувати графіки переміщень і швидкостей для точки "В";
- побудувати плани прискорень для двох положень. Положення варто вибирати з побудованих положень планів механізму. При цьому кут повороту

кривошипа повинен становити для першого положення  $\varphi_1 = 30^\circ \div 165^\circ$ , а для другого  $\varphi_2 = 210^\circ \div 330^\circ$  від нульового положення механізму;

- для зазначених двох положень механізму прикласти: у першому положенні тільки технологічне навантаження  $P_3$ , а в другому – тільки сили інерції ланок і сили ваги;

- для цих же двох положень визначити реакції в кінематичних парах і моменти, що врівноважують, сил. Потім перевірити ці положення за допомогою важеля Жуковського;

- $\alpha$  - кут, що визначає положення лінії переміщення повзуна й розташування осі кривошипа щодо вертикальної лінії (осі В ).

Контрольна робота виконується на креслярському папері формату А1 олівцем з дотриманням всіх вимог ДСТУ. Всі розрахунки заносяться в пояснювальну записку.

## 7.2. До виконання лабораторних робіт

Лабораторні роботи виконуються в певному обсязі. Для їхнього виконання на кафедрі є інструкції й відповідні бланки, які заповнюються студентами в міру виконання лабораторних робіт.

По закінченні лабораторних робіт виробляється опитування й виставляється залік по них.

Студентам, що не з'явилися на лабораторні роботи з неповажних причин, повторні заняття не організовуються.

Таблиця 7.2

### Вихідні дані

№ п/п	Частота обертання, $\text{мін}^{-1}$ , $n_1$	Хід веденої ланки, м, Н	$\lambda = \frac{l_{OA}}{l_{AB}}$	$\alpha$ , град.	Маса ланки, $m_2$ , кг	$P_3$	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	500	0,100	0,37	0	10	600	Для всіх завдань

2	420	0,106	0,37	15	8	800	приймати: $m_3 = 0,5m_2$ $J_{S2} = 0,1m_2l_2^2$ $l_{AS2} = 0,35l_{AB}$
3	480	0,110	0,37	30	6	900	
4	470	0,114	0,37	45	5	1000	
5	460	0,118	0,36	60	4	1200	
6	450	0,122	0,36	75	6	1100	
7	440	0,128	0,36	90	10	1300	
8	430	0,134	0,36	105	8	950	
9	420	0,140	0,35	120	5	850	
10	410	0,144	0,35	135	4	1050	
11	400	0,150	0,35	150	10	1400	
12	390	0,156	0,35	165	9	1500	
13	380	0,160	0,34	180	7	1450	
14	370	0,166	0,34	195	5	1300	
15	360	0,170	0,34	210	4	1600	
16	350	0,174	0,34	225	8	1700	
17	340	0,180	0,32	240	6	940	
18	330	0,188	0,32	255	10	1250	
19	320	0,194	0,32	270	7	1550	
20	310	0,200	0,32	285	9	1600	
21	300	0,208	0,32	300	4	2000	
22	290	0,218	0,30	315	5	1950	
23	280	0,224	0,30	330	6	1800	
24	270	0,230	0,30	345	8	1600	
25	260	0,236	0,30	360	7	1700	
26	250	0,240	0,30	0	5	1350	
27	240	0,246	0,28	15	10	1470	
28	230	0,250	0,28	30	9	1580	
29	220	0,254	0,28	45	7	2100	
30	210	0,258	0,28	60	6	1980	

### **7.3. До виконання курсового проєкту**

Курсовий проєкт виконується по методичних вказівках, які розроблені кафедрою.

Оформлення курсового проєкту.

Курсовий проєкт складається з розрахунково-пояснювальної записки й графічних побудов.

Графічні побудови до кожного розділу виконуються на окремому аркуші креслярського паперу формату А1 олівцем з дотриманням всіх вимог ДСТУ. На кресленнях необхідно зберігати всі допоміжні побудови, робити відповідні написи й проставляти прийняті масштаби. Кожний аркуш повинен мати кутовий штамп. Обсяг курсового проєкту становить 3-4 аркуша.

Складовою частиною курсового проєкту є розрахунково-пояснювальна записка, виконувана чорнилу або чорнильній пасті (крім зеленого й червоний кольори) на одній стороні аркуша паперу формату А1 з полями ліворуч 25 мм й праворуч 15 мм. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки становить 20 - 40 сторінок. Всі сторінки нумеруються й потім брошуруються у твердій обкладинці.

Записка повинна містити титульний аркуш, форма якого приводиться нижче.

У розрахунково-пояснювальну записку входить:

коротке введення;

схема механізму з вихідними даними завдання;

всі розрахунки по аркушах з короткими поясненнями до рішень;

список використовуваної літератури;

зміст.

Записка підписується студентом на титульному аркуші й на останній сторінці текстової частини. У штампах на креслярських аркушах також ставиться підпис студента.

Готовий курсовий проєкт (розрахунково-пояснювальна записка й креслярські аркуші) рецензуються викладачем кафедри, що ставить свій підпис на аркушах і на останній сторінці текстової частини. Після цього проводиться захист курсового проєкту. На захисті студент повинен показати знання по дисципліні “Теорія механізмів і машин” в обсязі курсового проєкту. Захист курсового проєкту оцінюється диференціальною оцінкою, що проставляється на титульному аркуші з відповідними підписами викладачів.

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
ФАКУЛЬТЕТ ДИЗАЙНУ МАШИН ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

Розрахунково-пояснювальна записка  
до курсового проєкту по  
ТЕОРІЇ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН  
на тему:  
Проектування й дослідження схеми механізму

---

Керівник проєкту  
доц., канд. техн. наук

Проект розробив  
студент гр.

Дніпро, НМетАУ  
202

## ЛІТЕРАТУРА

### Підручники

1. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин: підручник / Я.Т. Кіницький. – К: Наукова думка, 2002. – 659 с.

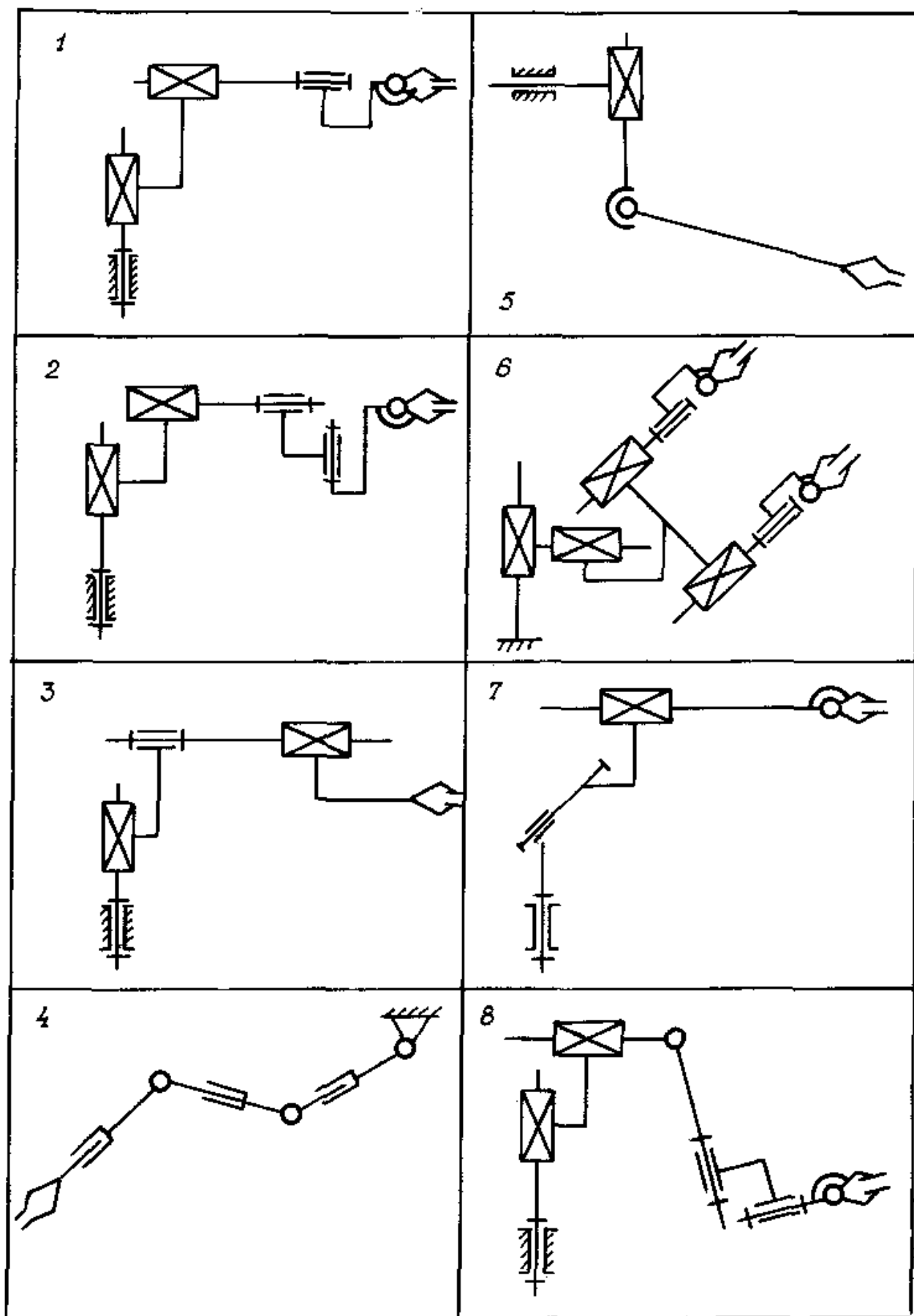
### Навчальні посібники

2. Кожевников С. Н., Раскин Я. М. Конспект лекций по теории механизмов и машин. – Днепропетровск: ДМетИ, ч.1,1970.
3. Кожевников С. Н., Раскин Я. М. Конспект лекций по теории механизмов и машин. – Днепропетровск: ДМетИ, ч.2,1971.
4. Атлас схем и примеры выполнения задач анализа и синтеза современных механизмов / Под ред. Я. М. Раскина. - Днепропетровск: ДМетИ,1975.

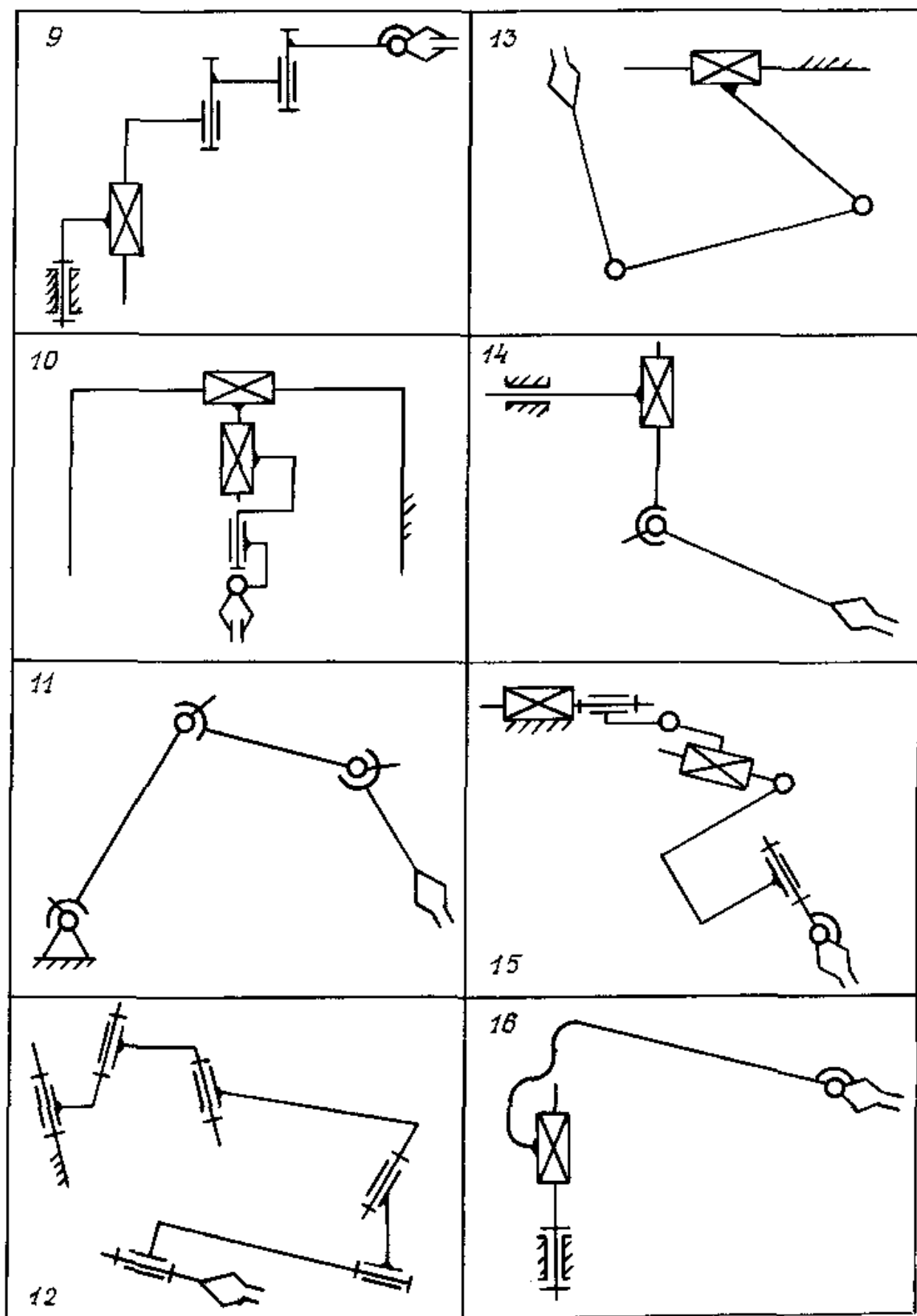


## ДОДАТКИ

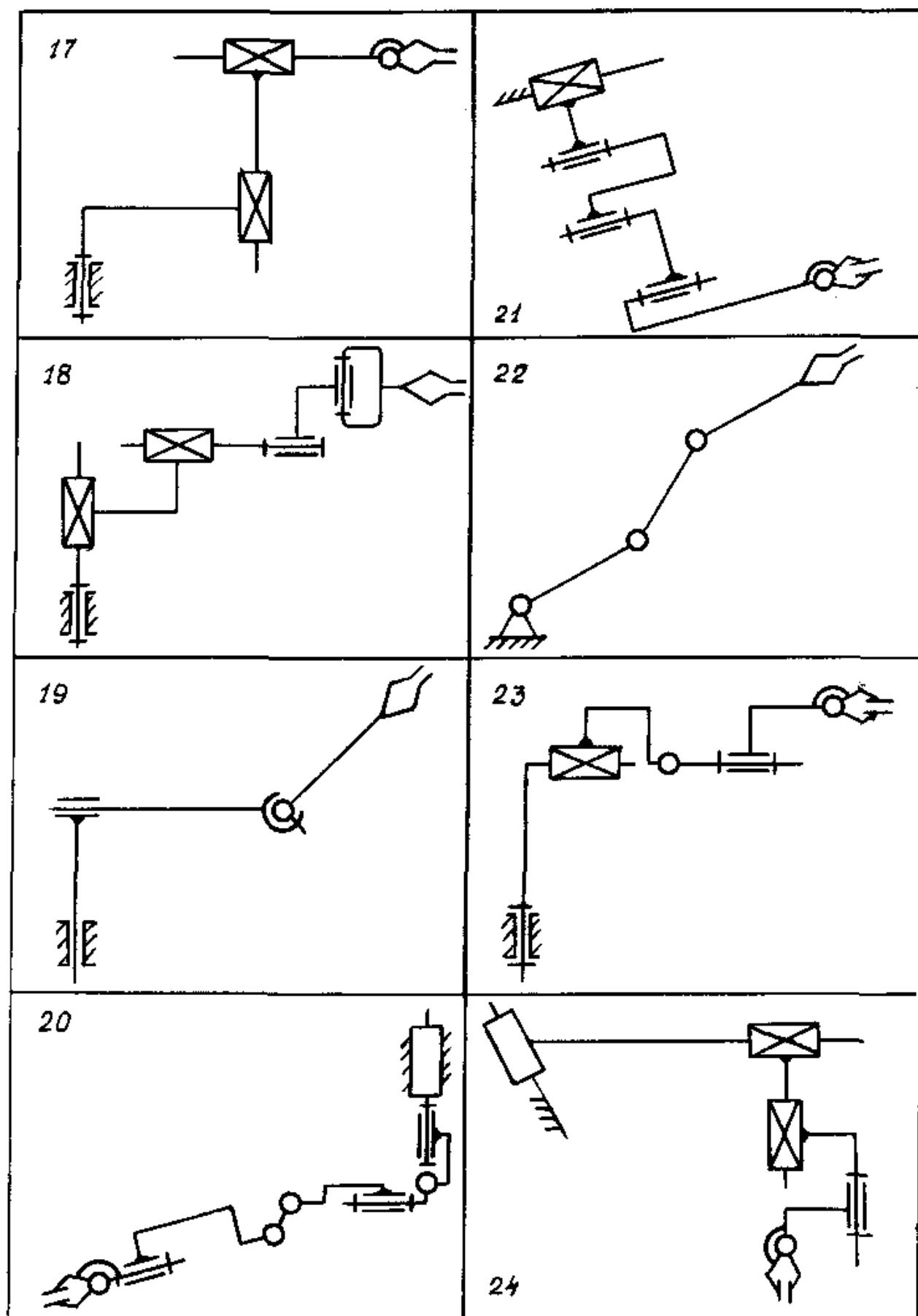
Додаток 1



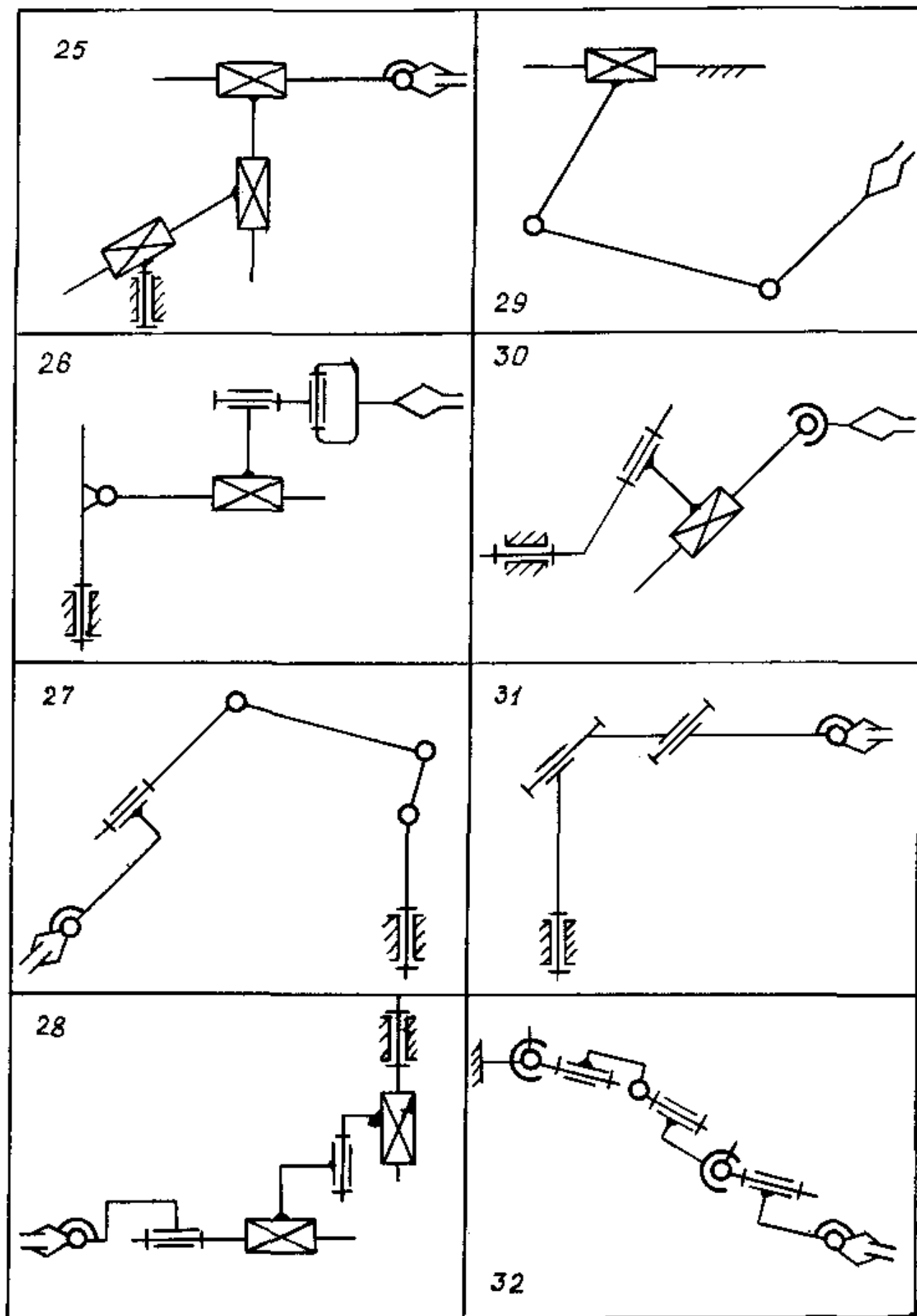
Продовження додатку 1



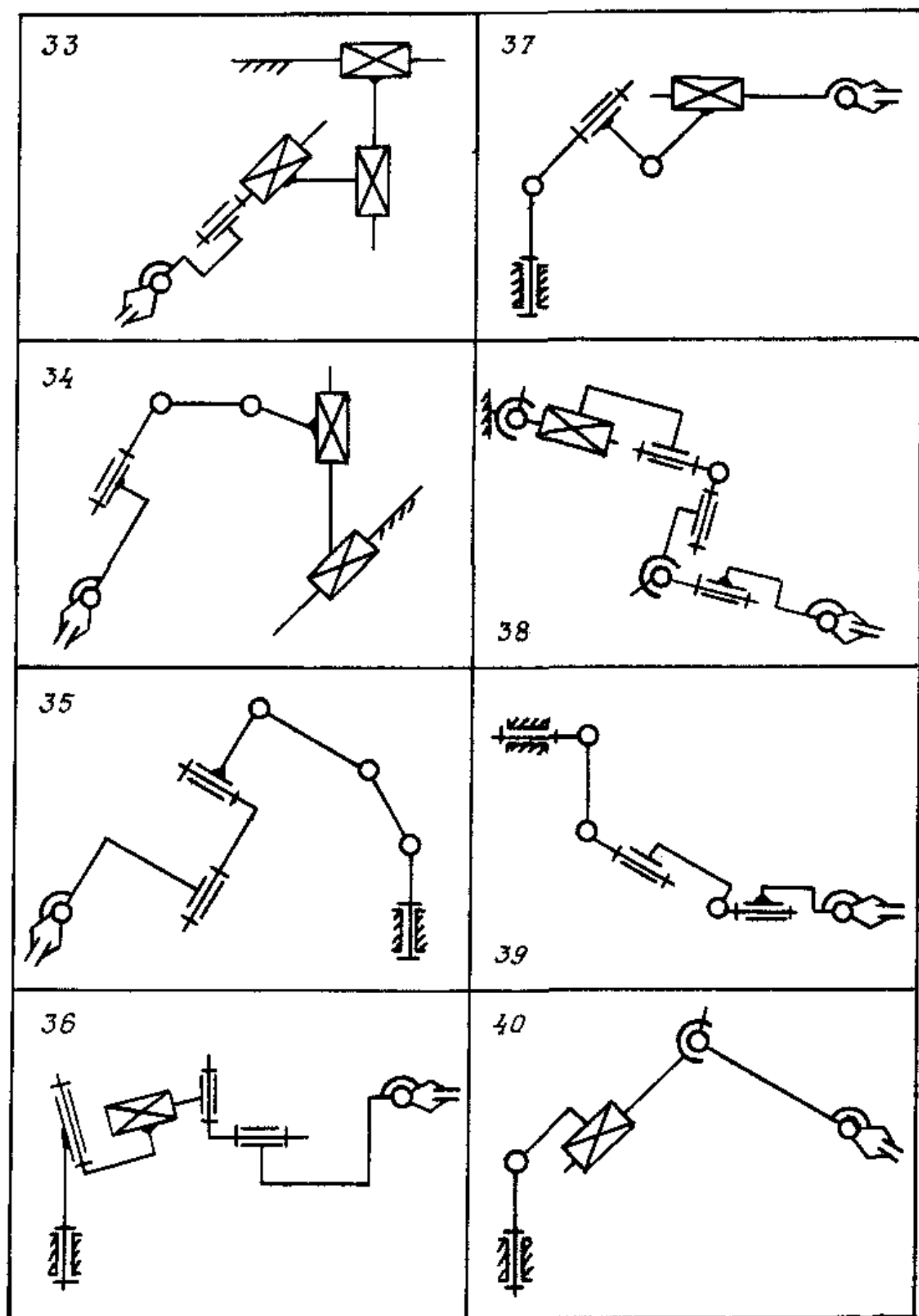
Продовження додатку 1

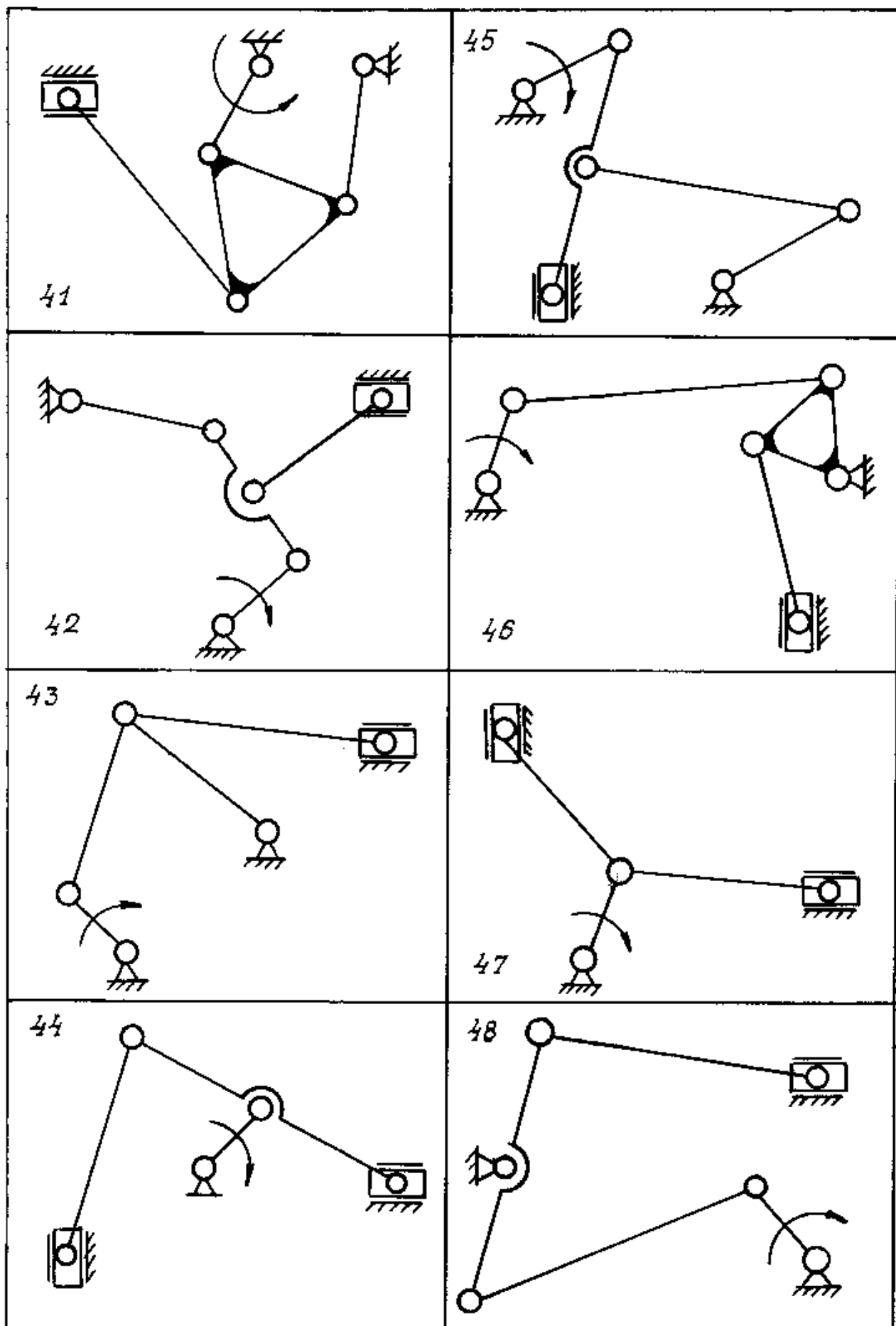


Продовження додатку 1

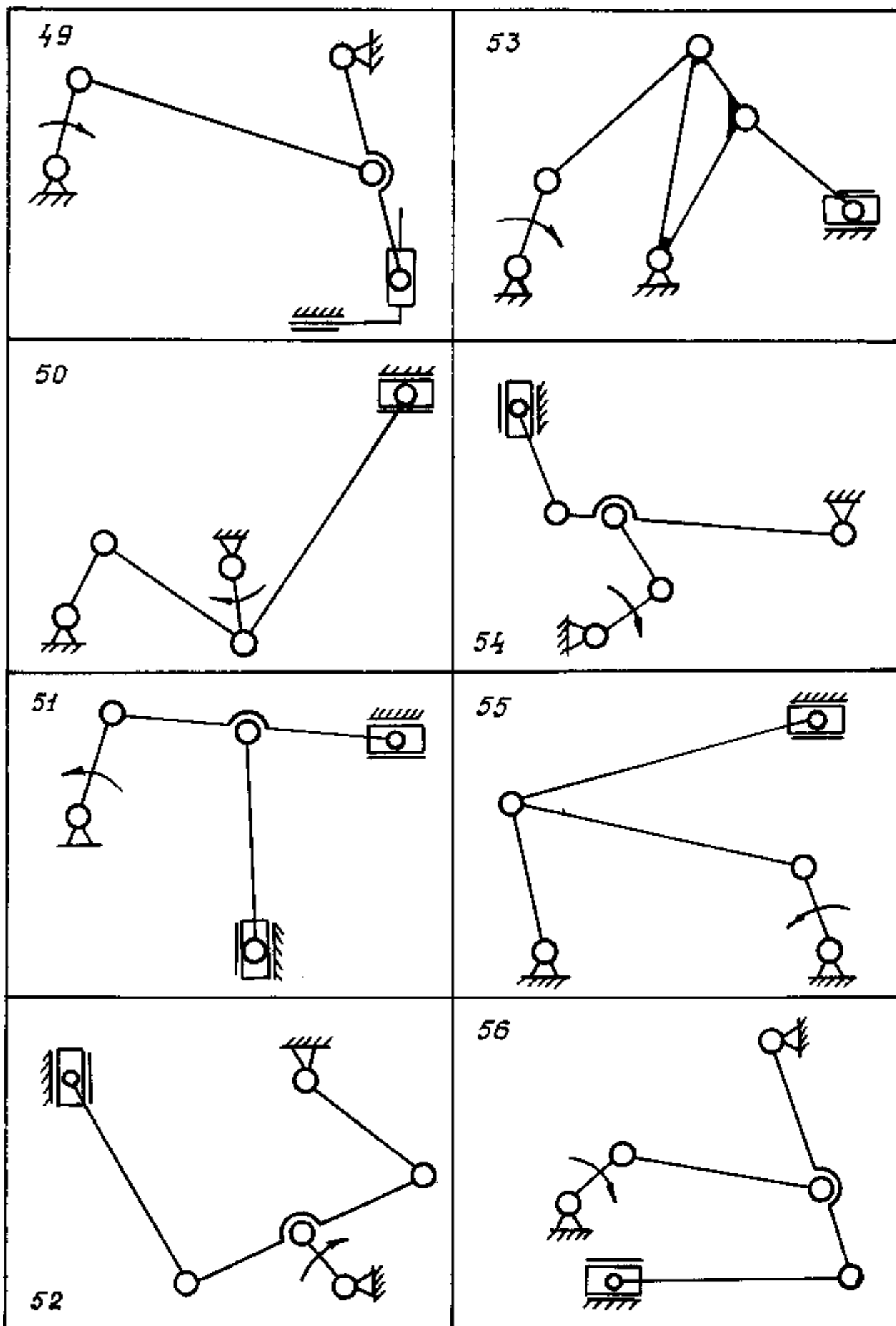


Продовження додатку 1



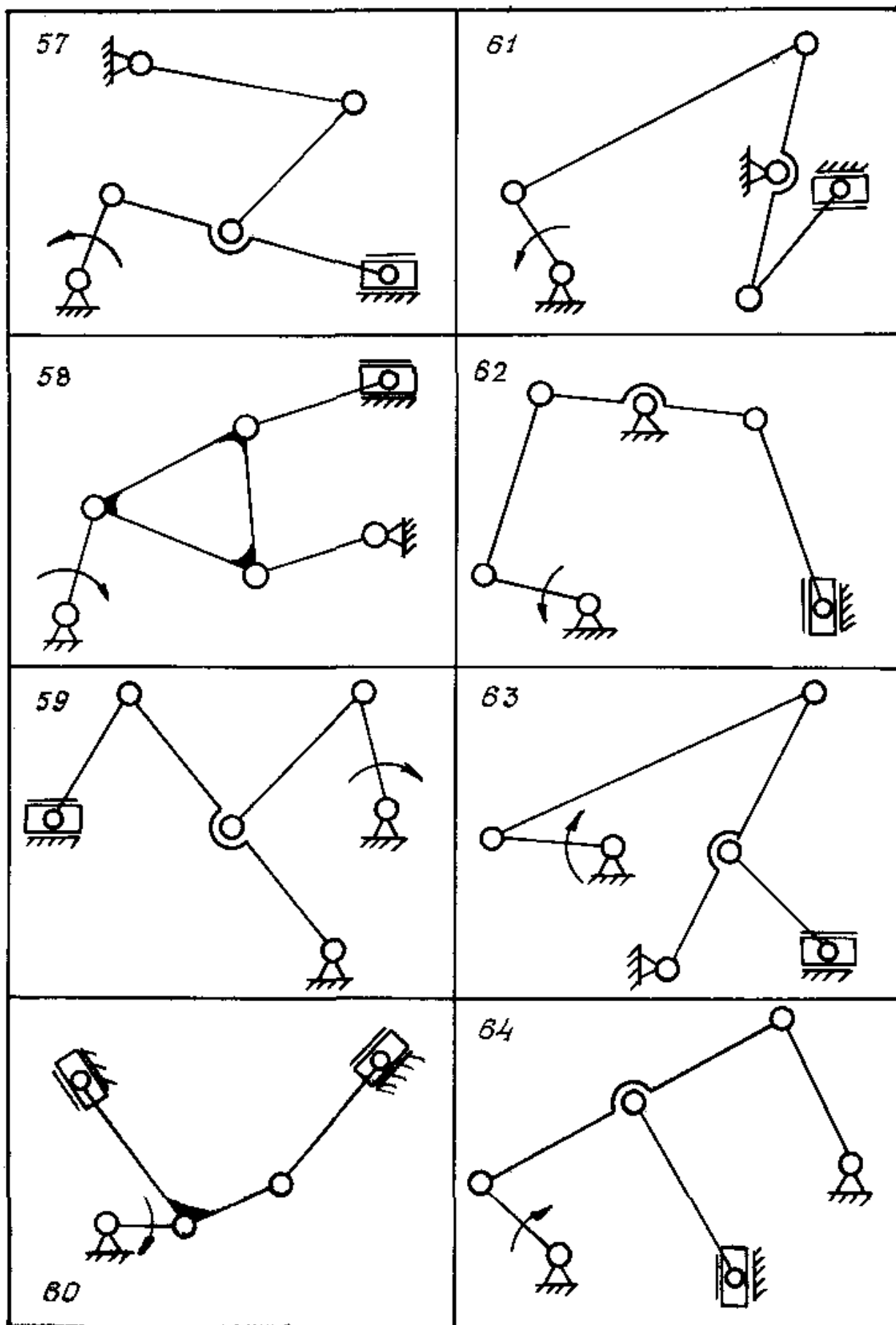


Продовження додатку 2

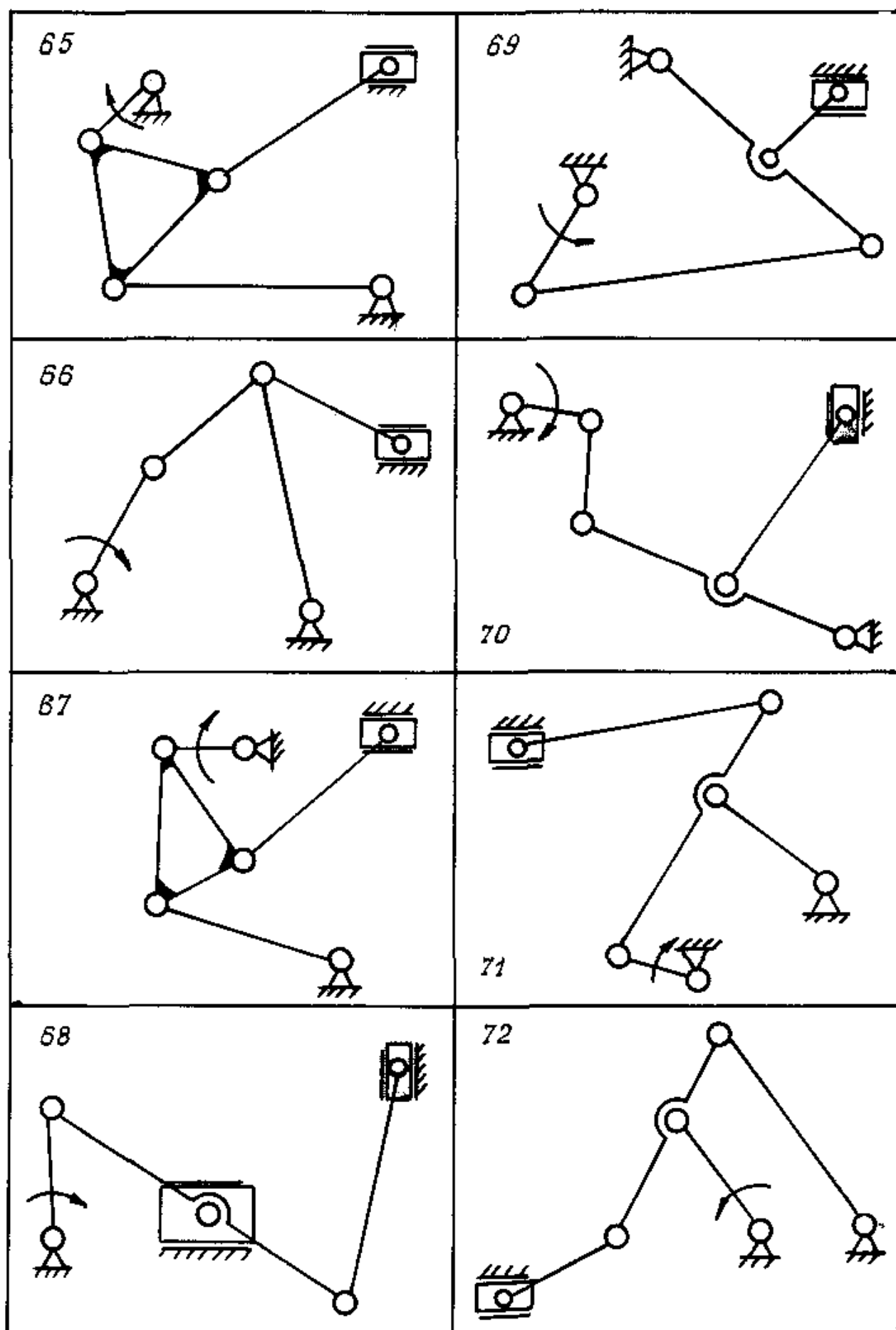


Продовження додатку 2

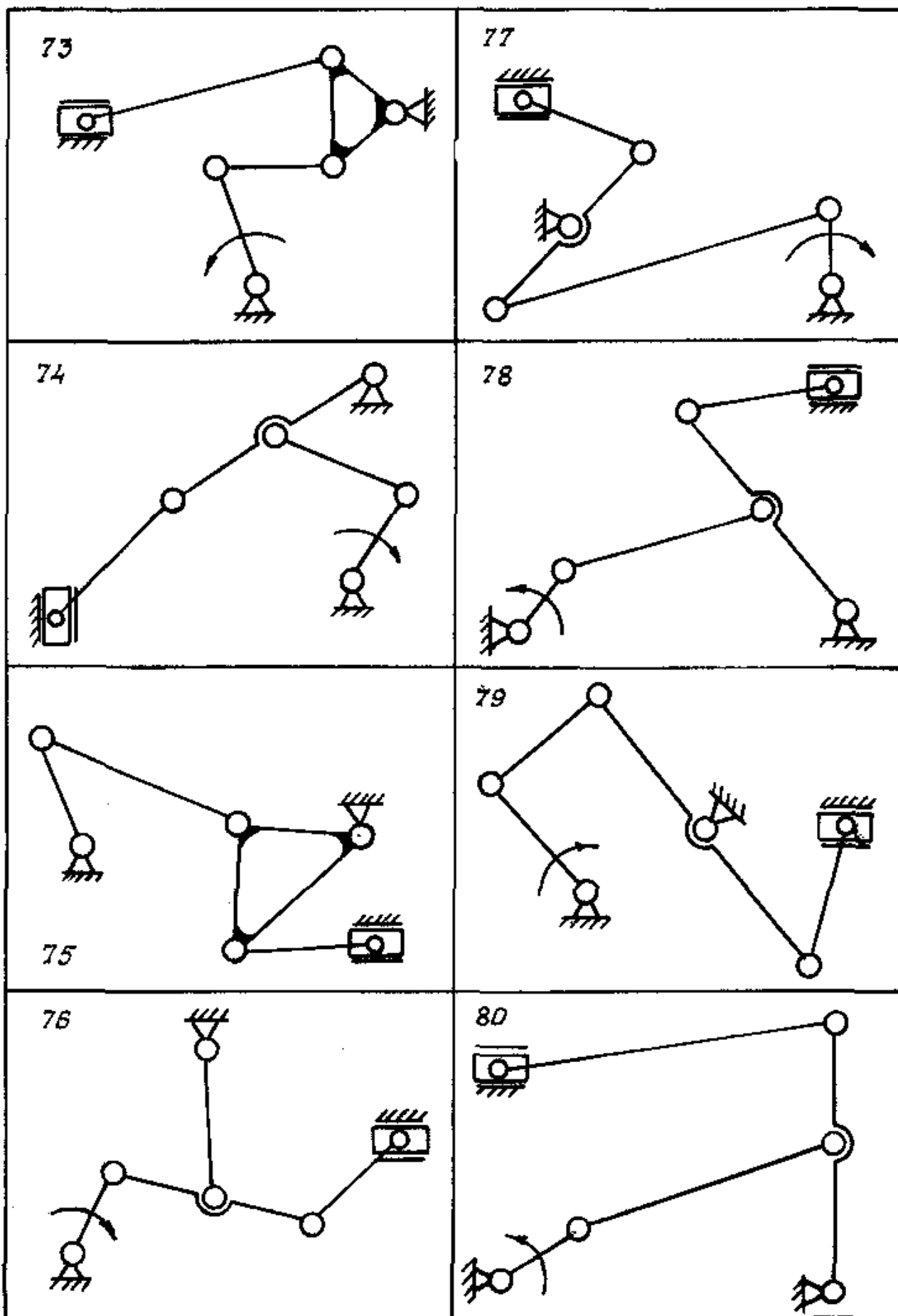




Продовження додатку 2

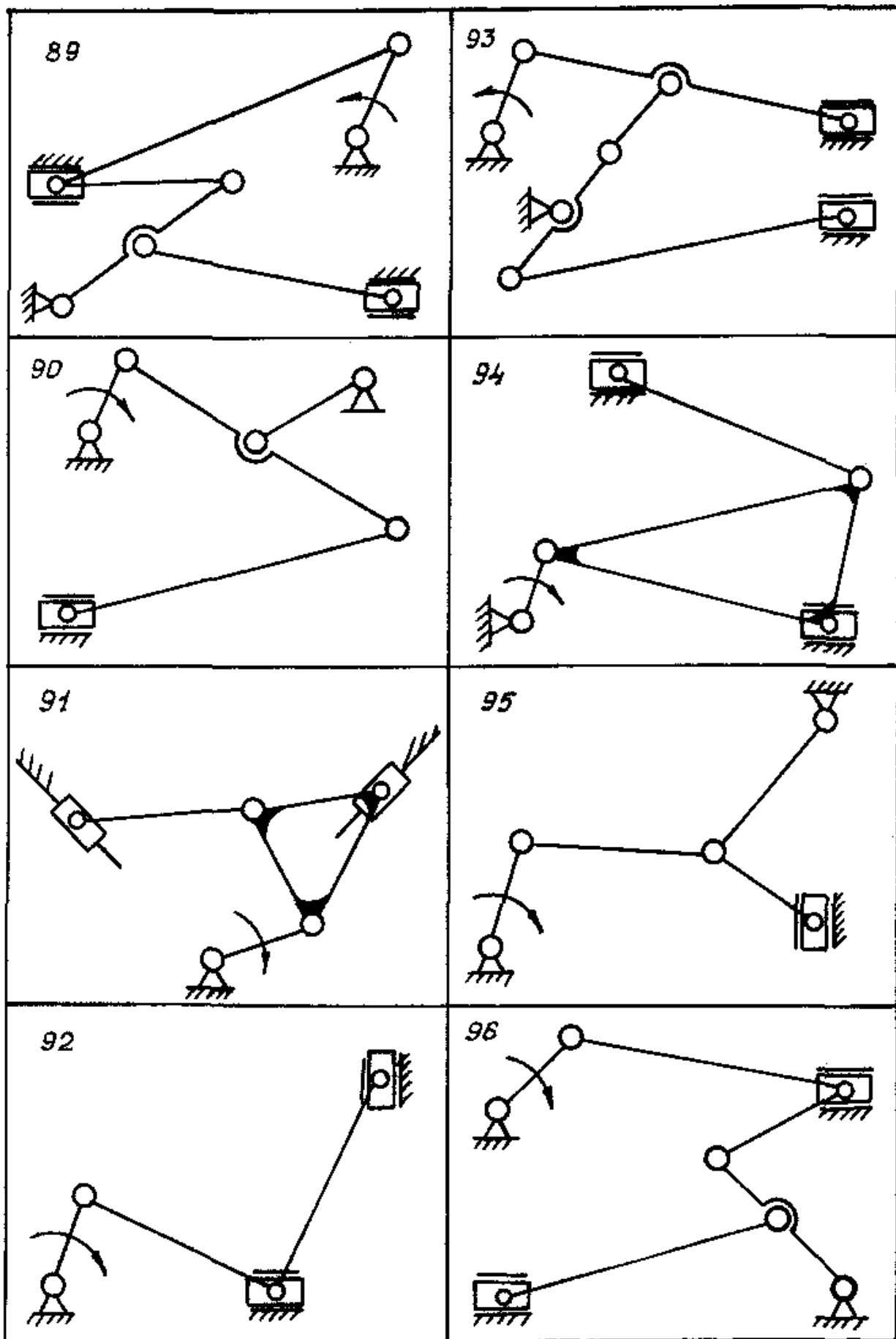


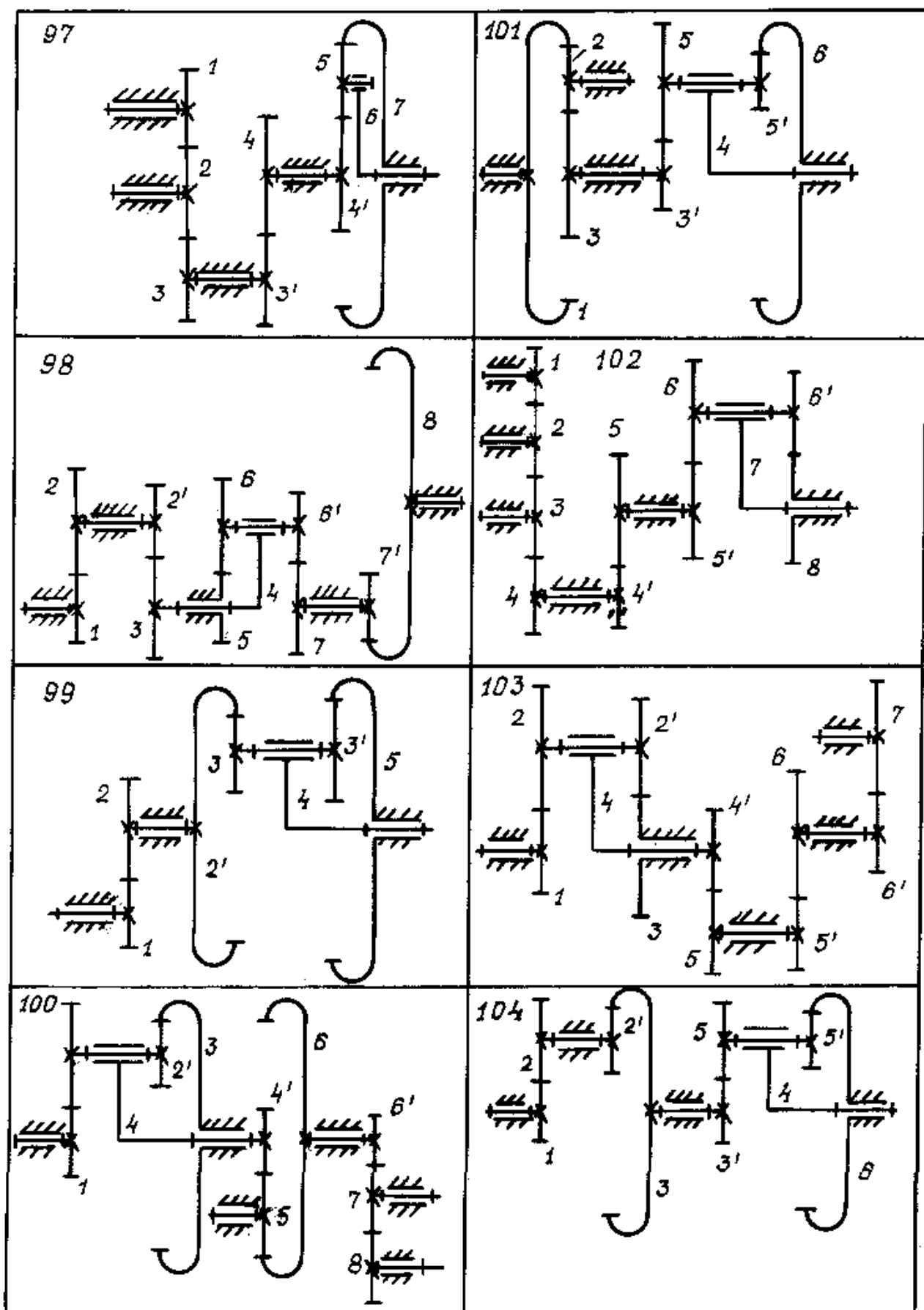
Продовження додатку 2



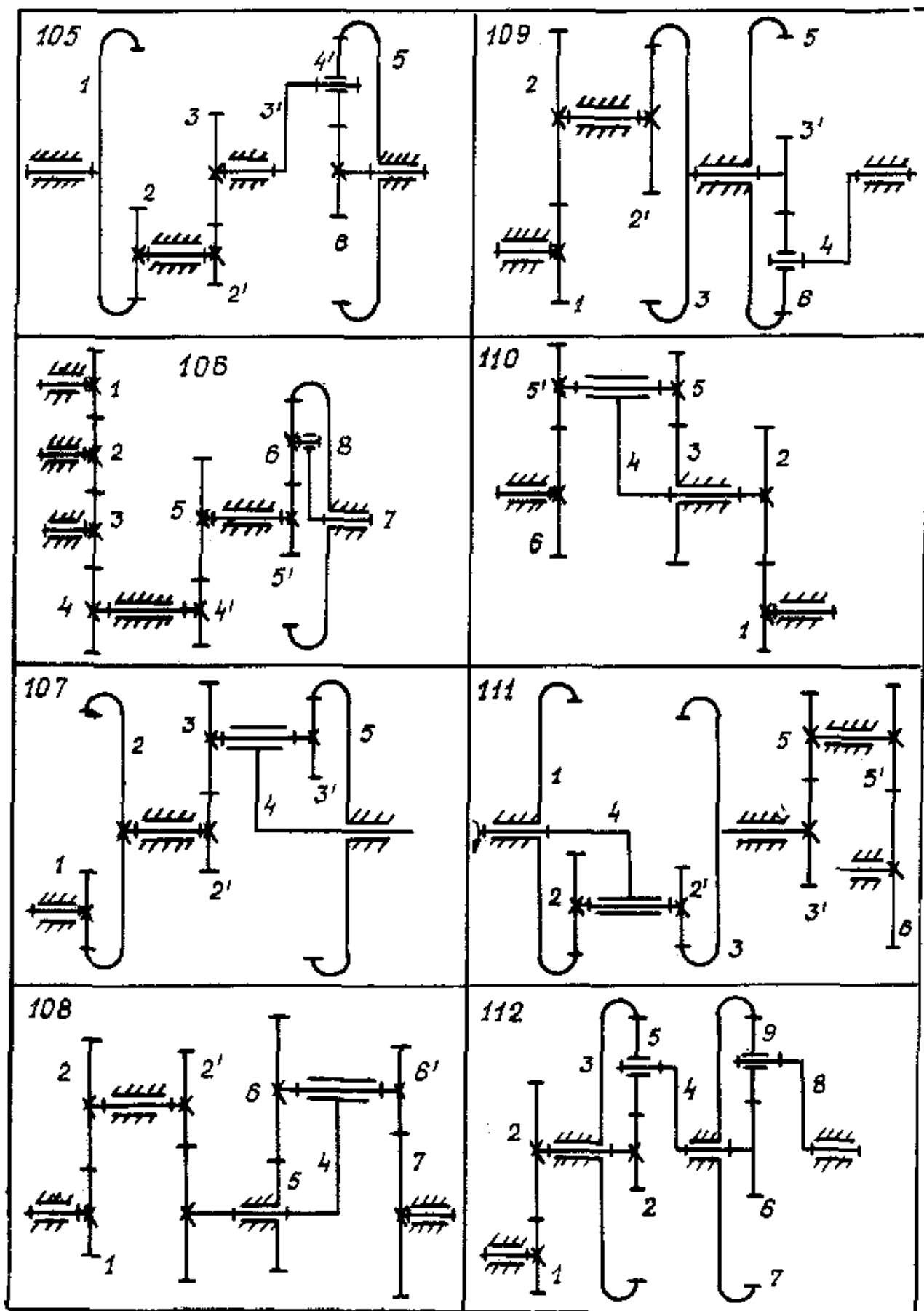
Продовження додатку 2



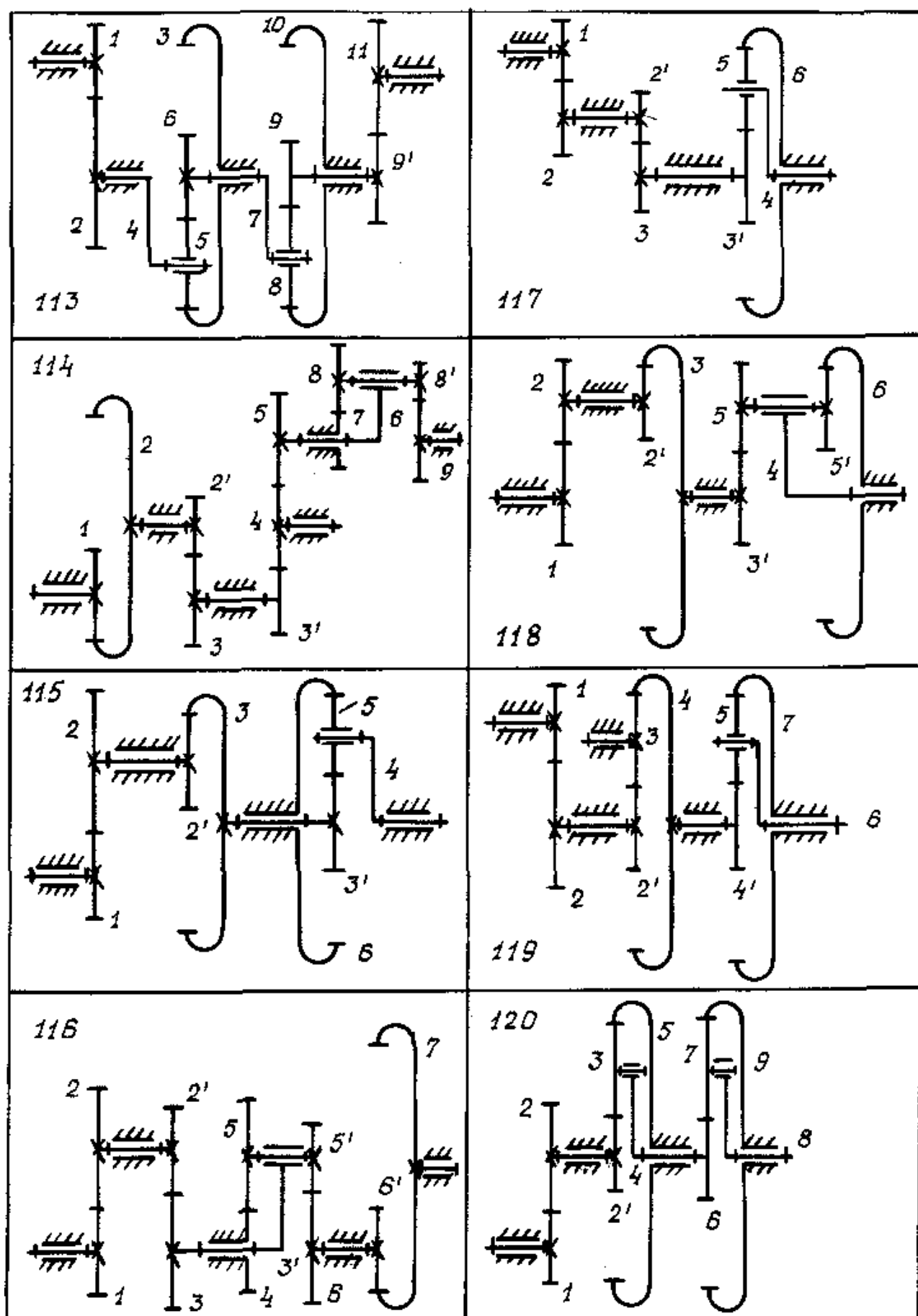




Продовження додатку 3

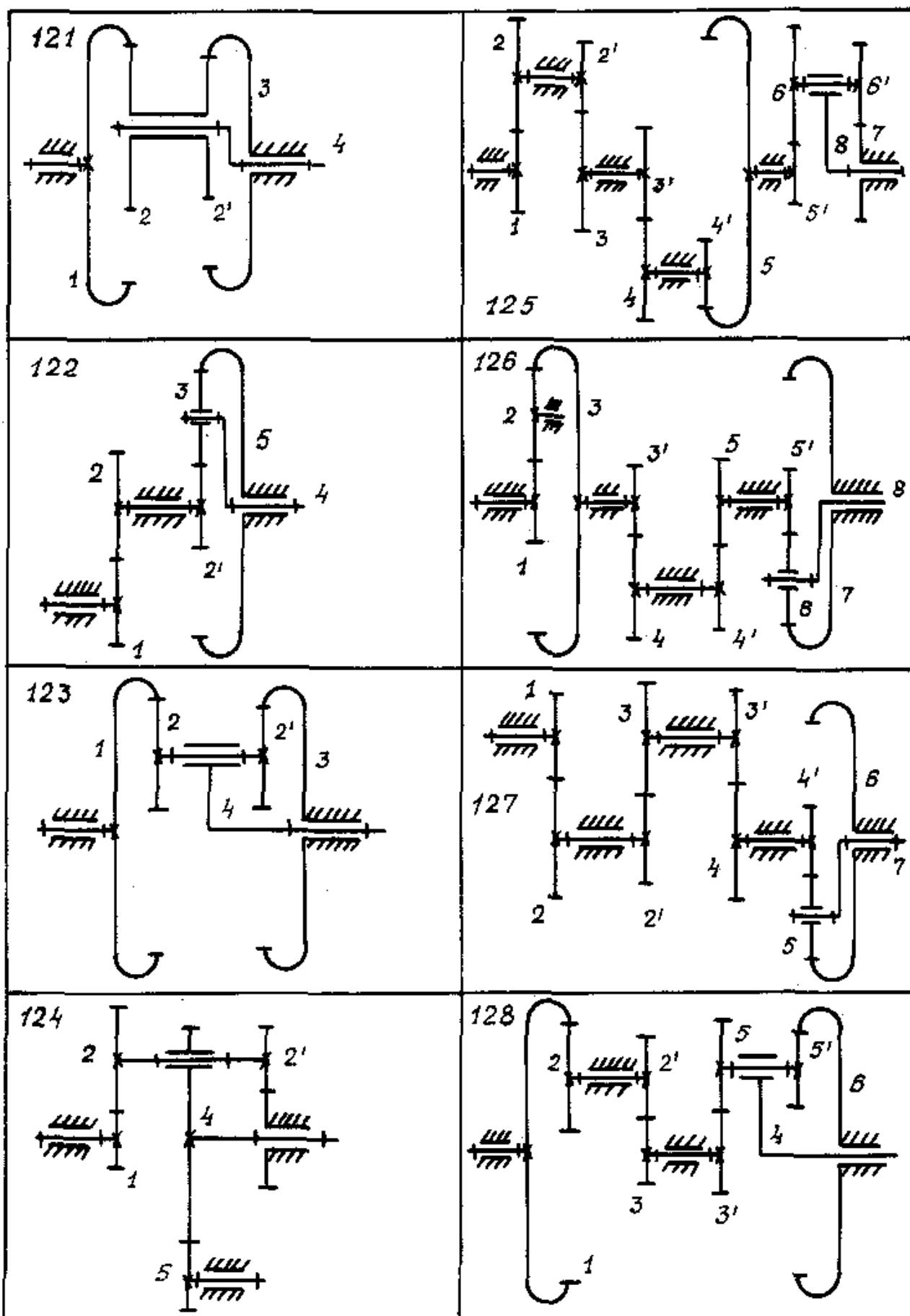


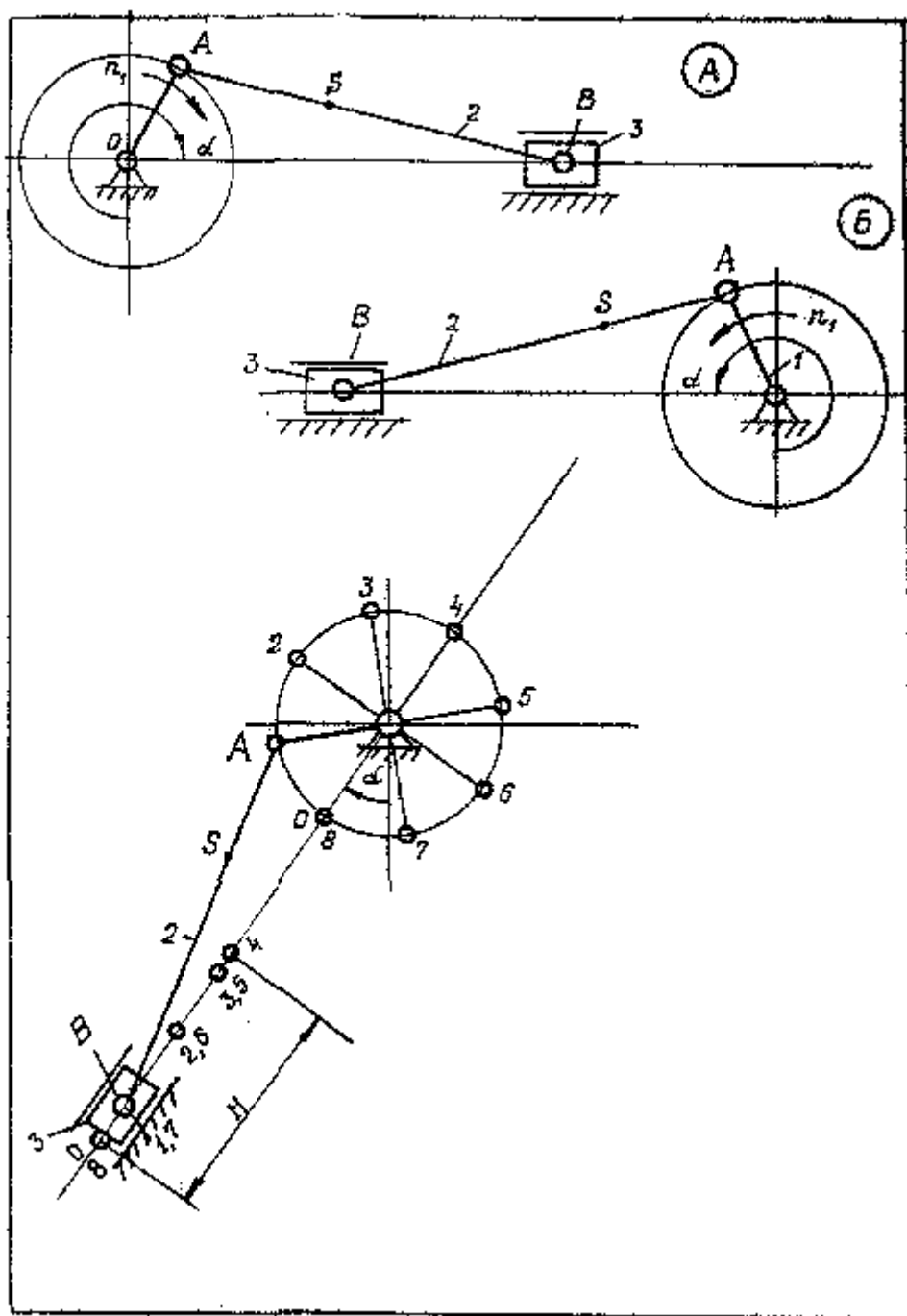
Продовження додатку 3



Продовження додатку 3







## Робоча програма

Методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни „Теорія механізмів та машин” для студентів спеціальностей 8.131 - прикладна механіка, 8.133 – галузеве машинобудування (бакалаврський рівень)

Упорядники: Володимир Іонович Літвішков,  
Владислав Миколайович Рубан.

Редактор А.С. Кадаченко.