

Міністерство освіти і науки України
Національна металургійна академія України



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)

Дніпро, 2019

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	14
5. Лабораторні роботи	19
6. Курсовий проект	19
7. Методичні вказівки	20
8. Література	33
9. Додаток	34

ВВЕДЕНИЕ

Все передовое, что создает научная и инженерная мысль, машиностроение призвано без промедления осваивать, воплощать в машины, приборы и технологические линии. Научной основой создания новых высокоэффективных, надежных машин, приборов и технологических линий является теория механизмов и машин, под которой подразумевается наука об общих методах исследования и проектирования механизмов и машин. Изложение этих методов в учебном курсе „Теория механизмов и машин” логически связано с предшествующими курсами „Высшая математика” и "Теоретическая механика", которые дают общую механико-математическую подготовку, и с последующими специальными курсами по отдельным видам машин, использующими общие методы теории механизмов и машин.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Учебная работа студента-заочника по изучению курса „Теория механизмов и машин” включает изучение теоретического материала по учебным пособиям, решение типовых задач, выполнение контрольных и лабораторных работ, курсового проекта, сдачу зачетов и экзамена.

При чтении учебного пособия необходимо составлять конспект, приводя в нем основные положения и выводы теории. Следует прослушать курс лекций по теории механизмов и машин, которые читаются для студентов-заочников.

Кроме этого, необходимо широко использовать очные консультации преподавателей. При подготовке к выполнению контрольных работ следует после изучения соответствующих разделов программы разобрать примеры решения типовых задач, помещенных в задачнике по теории механизмов и машин, самостоятельно решить ряд задач. Выполненные контрольные работы предоставляются на рецензирование. Решения следует сопровождать краткими, последовательными и грамотными (без сокращения слов) объяснениями и

графическими построениями. На обложке контрольной работы должны быть четко написаны; номер контрольной работы, название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета и специальности, учебный шифр, дата отсылки работы, точный почтовый адрес. Контрольные работы, оформленные небрежно и без соблюдения предъявляемых к ним требований, не рассматриваются.

При проведении лабораторных работ студент знакомится с экспериментальными методами исследования и проектирования механизмов и машин. После выполнения лабораторных работ и оформления отчетов по ним студент сдает зачет.

Курсовой проект по теории механизмов и машин выполняется параллельно с изучением теоретического материала. Тема индивидуального курсового проекта выдается преподавателем. В процессе выполнения курсового проекта студент должен получить необходимые практические навыки по применению основных положений и выводов теории и решению конкретных технических задач. Выполненный курсовой проект рецензируется преподавателем кафедры и затем проводится его защита.

К экзамену по курсу теории механизмов и машин допускаются студенты, сдавшие экзамены по всем разделам теоретической механики, представившие зачтенные контрольные работы, имеющие зачет по лабораторным работам и защитившие курсовой проект.

2. ПРОГРАММА КУРСА

ВВЕДЕНИЕ

Теория механизмов и машин есть наука, изучающая строение, кинематику и динамику механизмов и машин в связи с их анализом и синтезом. Курс теории механизмов и машин - важнейший среда других общетехнических дисциплин в учебном плане подготовки инженера. Научные основы и технические приёмы, изучаемые в теории механизмов и машин, базируются на общих законах теоретической механики. Однако курс теории механизмов и

машин использует эти законы для разработки не только методов анализа механизмов и машин, но также и их синтеза (проектирование).

Задача курса - дать основные сведения по проектированию машин и механизмов и осветить вопросы их механики, т.о. вопросы движения и работы.

СТРУКТУРА И КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ

2.1. Структура механизмов.

Степени свободы и условия связи. Структура кинематических пар. Классификация кинематических пар. Кинематические цепи. Число степеней свободы и степень подвижности пространственной (общий случай) и плоской кинематической цепи. Формулы Сомова - Малышева и Д.Л. Чебышева. Определение понятия, что такое механизм, Кинематическая и структурная схемы плоского механизма. Начальный механизм. Группы Ассура и их классификация. Последовательность образования плоских механизмов по Ассуру. Классификация плоских механизмов. Структурный анализ плоских механизмов.

2.2. Кинематическое исследование плоских механизмов.

Цели и задачи кинематического исследования. Разновидности двухповодковых групп и построение положений их звеньев и траекторий точек звеньев. Масштабный коэффициент плана механизма. Построение кинематических диаграмм. Метод планов скоростей точек звена. Вспомогательные задачи, применяемые при определении скоростей. Теорема о подобии для планов скоростей звена механизма. Определение скоростей точек звеньев двухповодковых групп. Вспомогательные задачи, применяемые при определении ускорений. Определение ускорений точек звеньев двухповодковых групп. Определение угловых скоростей и ускорений звеньев механизма по его планам скоростей и ускорений.

2.3. Кулачковые механизмы.

Общие сведения о кулачковых механизмах и их применении Основные типы плоских и простейших пространственных кулачковых механизмов. Анализ движения кулачковых механизмов при заданном профиле кулачка. Метод

обращения движения. Фазовые и профильные углы поворота кулачка. Основание для выбора закона движения выходного (ведомого) звена кулачкового механизма. Определение размеров звеньев кулачковых механизмов с острым или снабженным роликом толкателем. Построение профиля кулачка по заданному закону движения, Аналитический способ вычисления координат эквидистанты и профиля. Определение r_0 для кулачковых механизмов с плоским толкателем. Построение профилей простейших пространственных кулачков.

2.4. Плоские зубчатые трехзвенные механизмы

Типы плоских зубчатых трехзвенных механизмов. Передаточные отношения. Основная теорема о зацеплении профилей зубьев прямозубых цилиндрических колес с постоянным передаточным отношением. Эвольвента окружности и ее свойства. Параметрические уравнения эвольвенты в полярных координатах. Возможность использования эвольвенты в полярных координатах. Возможность использования эвольвенты окружности в качестве профилей зубьев зубчатых колес. Параметры и геометрические размеры прямозубого цилиндрического зубчатого колеса. Профилирование внешнего зацепления прямозубого цилиндрического нормального зубчатого колеса. Угол зацепления, линия зацепления и дуга зацепления. Активная часть линии зацепления. Сопряженные рабочие участки профилей. Коэффициент перекрытия. Основные методы изготовления зубчатых колес (метод копирования и метод обкатки). Подрезание зубьев колес эвольвентного профиля. Минимальное число зубьев малого колеса.

2.5. Сложные зубчатые механизмы.

Передаточное отношение последовательного и паразитного ряда колес, Соосный или обратный ряд. Основная формула для эпициклического ряда колес. Дифференциальный и планетарный механизмы. Передаточное отношение для простого планетарного механизма. Подбор чисел зубьев для планетарных механизмов.

2.6. Простейшие пространственные зубчатые механизмы.

Типы пространственных зубчатых механизмов. Конические зубчатые механизмы передаточное отношение, приближенное профилирование. Опре-

деление передаточного отношения винтовой передачи.

СТАТИКА И ДИНАМИКА МАШИН

2.7. Введение в статику и динамику машин. Классификация машин. Механизм и машина. Задачи статики и динамики машин.

2.8. Силы, действующие в машинах.

Классификация сил. Внешние силы и механические характеристики машин. Определение сил инерции звеньев при поступательном, вращательном вокруг неподвижной оси и плоско-параллельном движении. Определение сил инерции методом, замещения масс.

2.9. Кинетостатика механизмов.

Задачи кинетостатики механизмов. Условия статической определимости групп звеньев (кинематической цепи). Последовательность силового исследования плоского механизма. Кинетостатика двухповодковых групп. Уравновешивающая сила и момент. Кинетостатический расчет механизмов. Применение принципа возможных перемещений при определении уравновешивающей силы. Вспомогательный рычаг Н.Е. Жуковского.

2.10. Трения в кинематических парах.

Виды трения. Угол и конус трения. Трение в поступательной паре. Наклонная плоскость Трение во вращательной паре при наличии зазора между цапфой и вкладышем. Круг трения. Трение в приработавшейся цапфе. Трение при качении (трение второго рода). Перемещение тел на катках.

2.11. Передача работы и мощность.

Кинетическая энергия механизма и работа сил, действующих в машине. Приведение масс и сил. Условия установившегося и неустойчившегося движений машины. Коэффициент полезного действия машины.

2.12. Коэффициент полезного действия частных механизмов.

Общие положения. Коэффициент полезного действия наклонной плоскости и ее модификаций. Коэффициент полезного действия эпициклических передач. Коэффициент полезного действия дифференциала.

2.13. Движение механизмов под действием заданных сил.

Уравнение движения механизмов. Перманентное и начальное движение механизма. Интеррирование уравнения движения в случае сил, зависящих от положения звена.

2.14. Неравномерность хода.

Средняя угловая скорость начального звена. Коэффициент неравномерности и мера неравномерности. Влияние маховика на неравномерность хода машины. Приближенный метод определения момента инерции маховика. Метод К.Э.Рериха. Определение момента инерции маховика по методу Виттенбауэра. Определение момента инерции маховика машины с электрическим приводом. Определение размеров маховика.

2.15. Уравновешивание и балансировка вращающихся масс. Задачи уравновешивания механизмов. Уравновешивание вращающихся масс, расположенных в одной плоскости. Уравновешивание вращающихся масс в общем случае. Статическая и динамическая балансировка вращающихся масс.

2.16. Уравновешивание сил инерции механизмов. Определение центра тяжести механизма. Статическое уравновешивание механизмов. Уравновешивание сил и моментов сил инерции.

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

3.1. Структура механизма.

1. Дайте определение звена. 2. Что такое кинематическая пара? 3. По каким признакам классифицируют кинематические пары? 4. Назовите основные кинематические пары. Объясните деление пар на высшие и низшие. 5. Приведите примеры пространственных кинематических пар. 6. Что называется кинематической цепью? 7. По какой формуле определяют степень свободы плоского механизма? 8. По какой формуле определяют степень подвижности пространственного механизма? 9. Объясните физический смысл числовых коэффициентов в структурных формулах. 10. Какая кинематическая цепь называется группой Ассура? 11. Чем определяется класс и порядок механизма? 12.

Какая схема механизма называется кинематической, а какая - структурной?
13. Для чего производится структурный анализ плоского механизма? 14. В какой последовательности проводится структурный анализ плоского механизма?

3.2. Кинематический анализ механизма.

1. В чем заключаются задачи кинематического анализа плоских механизмов? 2. Постройте план механизма с двухповодковой группой. 3. Постройте траекторию заданной точки плоского механизма. 4. Как строятся планы скоростей и ускорений для механизмов, содержащих группы Ассура с тремя вращательными парами? 5. Как строятся планы скоростей и ускорений для механизмов, содержащих группы Ассура с внешней поступательной парой? 6. Как строятся планы скоростей и ускорений для механизмов, содержащих группы Ассура с внутренней поступательной парой? 7. Напишите векторные уравнения, связывающие скорости двух точек одного звена, и уравнения, связывающие ускорения этих точек. 8. Как подсчитываются величины нормальных ускорений? 9. Как определить отрезки, изображающие нормальные ускорения? 10. Как направлено нормальное ускорение точки? 11. Как определяют величины угловых скоростей и ускорений звеньев плоского механизма. 12. Как определяют направление угловых скоростей и ускорений звеньев плоского механизма по его планам скоростей и ускорений?

3.3. Кулачковые механизмы.

1. Начертите схемы распространенных типов плоских и пространственных механизмов. 2. Как по чертежу кулачкового механизма получить диаграмму перемещений выходного (ведомого) звена? 3. Каким методом пользуются для того, чтобы получить диаграмму перемещения выходного звена кулачкового механизма? 4. Как используя диаграмму перемещений получить диаграммы аналога скоростей и аналога ускорения выходного звена? 5. Как определить масштабы для указанных диаграмм? 6. По какому условию производится определение начального радиуса r_0 окружности кулачка? 7. Покажите угол давления (угол передачи) на различных типах механизмов. 8. В чем заключается задача анализа, а в чем заключается задача синтеза кулачкового механизма? 9. Как построить профиль кулачка, если известен закон движения

выходного звена? 10. Как в этом случае выбирается положение центра кулачка относительно выходного (ведомого) звена?

3.4. Зубчатые передачи.

1. В чем заключается содержание основной теоремы о зацеплении профилей зубьев прямозубых зубчатых колес? 2. Как строится эвольвента окружности и каковы ее основные свойства? 3. Назовите основные параметры и геометрические размеры зубчатого колеса. 4. Как определяется активная часть линии зацепления, рабочий участок профиля зуба, дуга зацепления? 5. Как связаны длины дуги зацепления и активной части линии зацепления? 6. Что такое коэффициент перекрытия и как он подсчитывается? 7. От каких величин и как зависит коэффициент перекрытия? 8. Как зависит коэффициент перекрытия от модуля зацепления? 9. Назовите методы изготовления зубчатых колес, дайте их характеристику и назовите инструмент, применяемый при этих методах. 10. Почему эвольвентное зацепление имеет преимущественное применение? 11. Приведите формулу для определения минимального числа зубьев из условия отсутствия подрезания. 12. Как определяются передаточные (частные) отношения и общее передаточное отношение последовательного ряда? 13. Какой ряд зубчатых колес называется паразитным? 14. Какую особенность имеет соосный ряд зубчатых колес? 15. Какой ряд зубчатых колес называется эпициклическим? 16. Приведите формулу, связывающую частоту вращения первого и последнего колоса с частотой вращения в дифференциальном механизме. 17. Напишите формулу передаточного отношения эпициклической передачи. 18. Напишите формулу передаточного отношения обращенной зубчатой передачи. 19. Назовите основные виды пространственных зубчатых передач. 20. Как определяется передаточное отношение конической зубчатой передачи? 21. Как осуществляется приближенное профилирование конической зубчатой передачи? 22. Как связываются между собой нормальный и торцевой шаг винтовой передачи?

3.5. Силы инерции звеньев. Кинетостатика механизмов.

Рычаг Н.Е. Жуковского.

I. Как учитываются силы инерции в случаях поступательного, враща-

тельного и плоско-параллельного движений? 2. С какой целью в систему действующих на механизм сил вводятся силы инерции? 3. В чем заключается задача кинетостатического анализа механизма, что известно и что нужно найти? 4. Каковы условия статической определимости кинематической цепи? 5. Что заранее известно о линиях действия реакций во вращательных и поступательных парах (без учета сил трения)? 6. Почему нельзя выполнять кинетостатический анализ механизма в целом? 7. Почему группа Ассура статически определима? 8. Какова последовательность кинетостатического исследования плоского механизма? 9. Как проводится кинетостатический анализ двухповодковой группы с тремя вращательным кинематическими парами? 10. Как проводится кинетостатический анализ двухповодковой группы с внешней поступательной парой? 11. Как проводится кинетостатический анализ двухповодковой группы с внутренней поступательной парой? 12. Каким способом, исключая кинетостатический анализ, можно определить уравнивающую силу и уравнивающий момент? 13. Что такое уравнивающая сила и уравнивающий момент? 14. На каком принципе основывается теорема Жуковского о жестком рычаге? 15. Как определяется уравнивающая сила при помощи рычага Жуковского? 16. Каков физический смысл момента силы относительно полюса, повернутого на 90° плана сил?

3.6. Трение в кинематических парах.

1. Какие виды трения могут быть в механизмах? 2. Какие виды трения скольжения вы знаете? 3. Какая зависимость существует между нормальной реакцией и силами трения скольжения покоя и движения? 4. Назовите факторы, влияющие на величину силы трения. 5. Какую размерность имеет коэффициент трения скольжения? 7. Как связаны между собой угол трения и коэффициент трения скольжения? 8. Какой формулой определяется сила P , обеспечивающая равномерное движения тела по наклонной плоскости? 9. При каких условиях возникает явление самоторможения на наклонной плоскости? 10. Как направлены равнодействующая сил Q и реакция опоры R в идеальной цапфе? 11. Напишите формулу для определения сил трения в цапфе с зазором. 12. Что такое угол трения и круг трения? 13. Напишите формулу для опреде-

ления момента сил трения в цапфе без зазора.

3.7. Приведение масс и сил.

1. Что такое приведение масс и сил? 2. Какое условие эквивалентности должно быть при приведении масс (моментов инерции)? 3. Какое условие эквивалентности должно быть при приведении сил (моментов сил)? 4. Напишите формулу для приведенной массы звена. 5. Напишите формулу для приведенного момента инерции звена. 6. Почему приведенная масса (или момент инерции) для рычажного механизма изменяются с изменением положения звена приведения а для зубчатого механизма постоянна? 7. Меняется ли приведенная масса с изменением скорости звена приведения? 8. Дайте характеристику приведенного момента инерции звена. 9. Напишите формулу для приведенного момента сил. 10. Напишите формулу для приведенной силы. 11. Зависит ли величина приведенной силы в данном положении механизма от скорости звена приведения?

3.8. Движение механизмов под действием заданных сил.

1. Какой режим работы машины называется установившимся? 2. Что такое неустановившееся движение машины? 3. Какие кинематические признаки установившегося и неустановившегося движений? 4. Какие динамические признаки установившегося и неустановившегося движений? 5. Изменяется ли кинетическая энергия рычажного механизма за цикл или внутри цикла установившегося движения? 6. Напишите уравнение движения в форме кинетической энергии. 7. Напишите уравнения движения в форме Лагранжевых уравнений. 8. Напишите уравнения движения в форме основного и добавочного движений. 9. Каковы причины изменения скорости звена приведения рычажного механизма при установившемся режиме работы?

3.9. Неравномерность хода машины. Расчет маховика. Уравновешивание вращающихся масс.

1. Какая величина называется коэффициентом неравномерности хода машины? 2. Как оценивается равномерность вращения входного (ведущего) звена механизма? 3. От чего зависит коэффициент δ при заданных движущих силах сопротивления и ω_{cp} ? Как уменьшить коэффициент неравномерности?

5. В чем заключается роль маховика в машине? 6. Напишите формулу для приближенного расчета маховика. 7. Что требуется для определения избыточной работы? 8. Объясните регулирующее действие маховика по физическому смыслу, по уравнению кинематической энергии кинетической энергии покажите, что увеличение момента инерции вращающегося звена механизма выравнивает его скорость. 9. В чем заключаются две задачи уравнивания масс звеньев механизма? 10. Чему равен главный вектор и главный момент сил инерции точек вращающегося звена при приведении их к точке на оси вращения? 11. В чем заключается задача статической и динамической балансировки вращающегося звена? 12. В чем заключается задачи полного и частичного уравнивания механизма?

Навчальний графік

Загальний обсяг ди- сципліни, год.	Лекцій, год.	Лаборато- рних ро- біт, год.	Практич- них робіт, год	Самостій- на робота, год	Контро- льна ро- бота	Курсовий проект	Конт- роль
210	24	8	4	174	1	1	іспит

4. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

При изучении курса студенты выполняют две контрольные работы. В первую контрольную работу входят три задачи, а во вторую – одна задача. Задачи составлены в соответствии с содержанием курса.

Номера задач, входящих в первую контрольную работу, определяется следующим образом: из таблицы 1 по первой букве фамилии и последней цифре шифра студента выбирается номер задания, а из таблицы 2 по выбранному заданию определяется номера задач, входящих в контрольные работы (приложение 1,2 и 3).

Первая контрольная работа имеет задачи для проведения структурного анализа схем пространственного и плоского стержневого механизмов и сложного зубчатого механизма для определения передаточного отношения (все данные для этой задачи приведены в таблице 3).

Вторая контрольная работа предусматривает проектирование стержне-

вого механизма, кинематическая схема которого представлена в приложении 4, выполнение для нее кинематического анализа и кинетостатического расчета с проверкой рычагом Жуковского.

Таблица 1

Первые буквы фамилии	Последние цифры шифра									
	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, Э	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

Таблица 2

Номер задания	Номера заданий входящих в:		Номер задания	Номера заданий входящих в:	
	контрольную работу №1	контрольную работу №2		контрольную работу №1	контрольную работу №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	12А	53	28, 93, 134	27А
24	17, 64, 120	12Б	54	27, 94, 133	27Б
25	16, 65, 121	13А	55	26, 95, 132	28А
26	15, 66, 122	13Б	56	25, 96, 131	28Б
27	14, 67, 123	14А	57	24, 41, 130	29А
28	13, 68, 124	14Б	58	23, 42, 129	29Б
29	12, 69, 125	15А	59	22, 43, 128	30А
30	11, 70, 126	15Б	60	21, 44, 127	30Б

Таблица 3

Но- мер за- дач	Исходные данные (число зубьев)																	
	Z ₁	Z ₂	Z ₂ '	Z ₃	Z ₃ '	Z ₄	Z ₄ '	Z ₅	Z ₅ '	Z ₆	Z ₆ '	Z ₇	Z ₇ '	Z ₈	Z ₈ '	Z ₉	Z ₉ '	Z ₁₀
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								

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
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. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

В лабораторных работах по теории механизмов и машин предусматривается выполнение таких задач:

- 1) Составление структурных схем механизмов и проведение структурного анализа;
- 2) Составление кинематических схем механизмов в соответствующем масштабе и построение диаграммы $S = f(\varphi)$;
- 3) Обмер зубчатого колеса и определение его геометрических размеров;
- 4) Построение с помощью приборов эвольвентных зубчатых профилей
- 5) Экспериментальное определение скоростей, ускорений и сил, действующих на звенья;
- 6) Динамическое уравнивание вращающихся масс при известном расположении неуравновешенности;
- 7) Динамическая балансировка ротора при неизвестном расположении неуравновешенных масс.

6. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Проект выполняется на 3 - 4-х листах формата А1 (598х641) и должен содержать решение задач проектирования схем механизмов и машин.

Примерный перечень содержания отдельных листов проекта:

- I. Кинематический анализ стержневого механизма!
2. Синтез зубчатой передачи;
3. Кинетостатика стержневого механизма;
4. Расчет маховика.

Курсовой проект должен быть представлен на кафедру и защищен до 1-го мая.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

7.1. К выполнению контрольных работ.

При структурном анализе для указанных схем пространственного механизма манипулятора или промышленного робота и плоского стержневого механизма следует построить без соблюдения масштабов кинематические схемы, придерживаясь условных обозначений представленных в таблице 4. затем необходимо пронумеровать звенья и определить число кинематических пар соответствующей подвижности (соответствующего рода). После этого определяется степень свободы (степень подвижности) механизма. Число степеней подвижности пространственных механизмов определяется по формуле Сомова-Малышева:

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

где n число всех звеньев;

p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 - число кинематических пар соответствующей подвижности (соответствующего рода).

Для плоских механизмов число степеней свободы следует определять по формуле П. Л. Чебышева

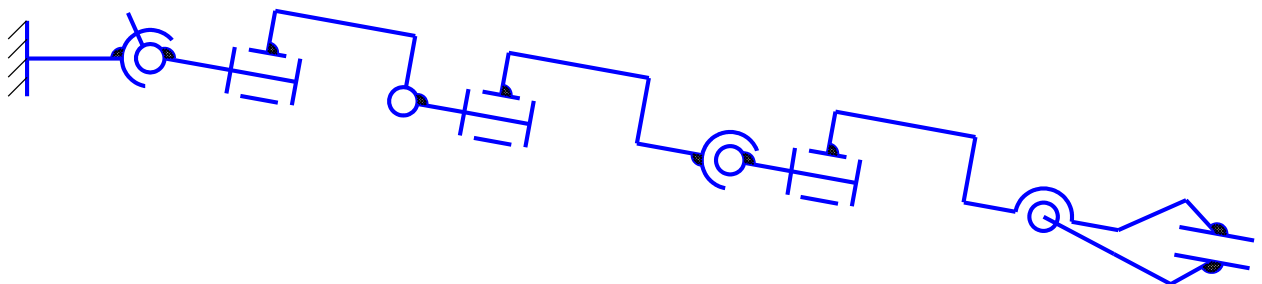
$$W = 3(n - 1) - 2p_1 - p_2,$$





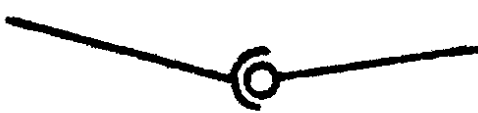

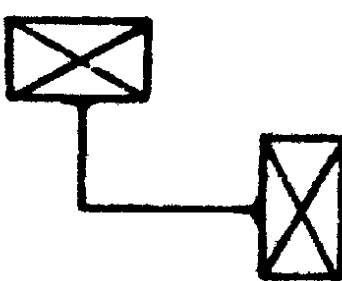

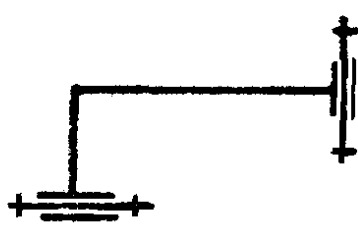

где n - число всех звеньев; p_1 - число одноподвижных пар (первого рода); p_2 - число двухподвижных пар (второго рода).

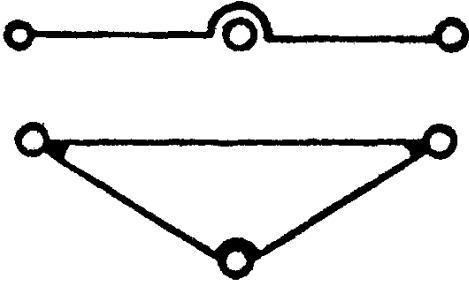


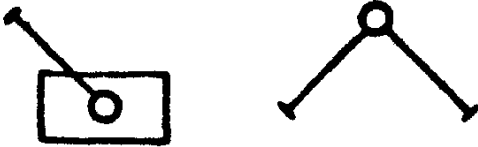
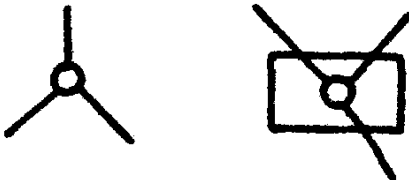
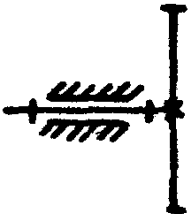

После этого для плоского механизма составляется структурная схема, где вместо ползунков вводятся поводки, затем выделяются группы Ассура и определяется класс и порядок механизма.

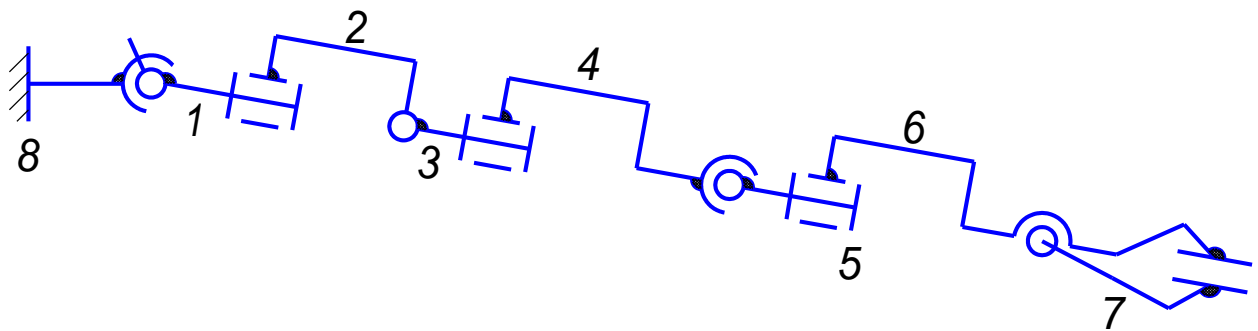
Рассмотрим все это на примерах.

Пространственный механизм:



Эскиз элемента	Название элемента
	Поступательная кинематическая пара
 	Вращательная кинематическая пара
	Шаровой шарнир с пальцем
	Шаровой шарнир
	Звено двухшарнирное
	Звено с двумя поступательными парами
	Звено с поступательной и вращательной парами
	Звенья двухшарнирные
	Звено-ползун

Эскиз элемента	Название элемента
	Звенья трехшарнирные
	Неподвижная стойка
	Неподвижные направляющие
	Соединения двух звеньев
	Сложные шарниры
	Зубчатое колесо с внешним зацеплением
	Зубчатое колесо с внутренним зацеплением



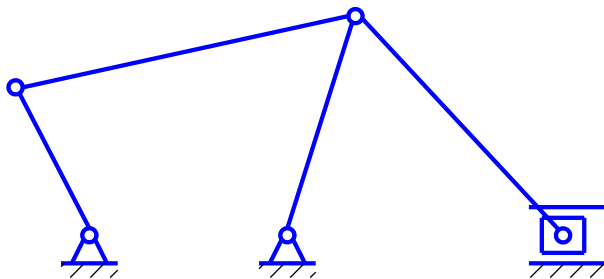
$$n = 8; p_1 = 5; p_2 = 1; p_3 = 1;$$

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

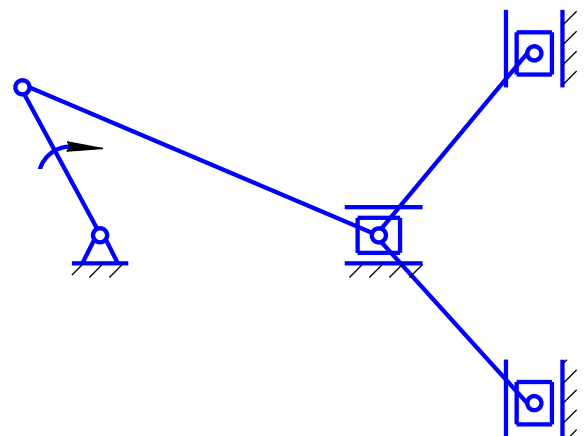
$$W = 6(8 - 1) - 5 \times 5 - 4 \times 1 - 3 \times 1 = 10$$

Плоские механизмы:

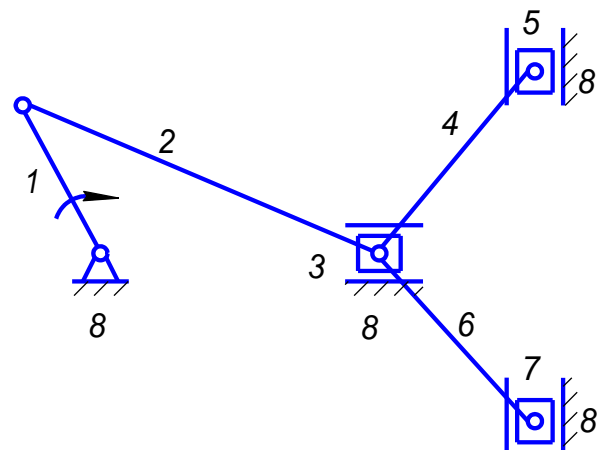
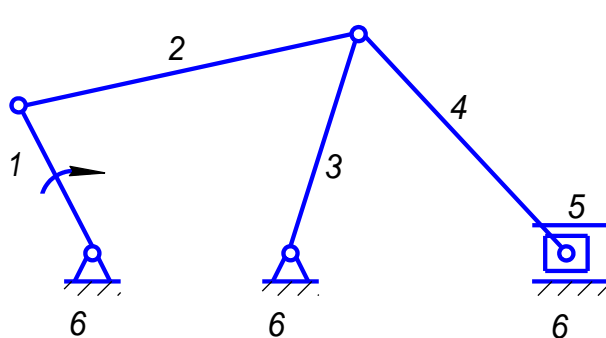
Качающийся транспортер



Пресс двойного действия



Нумеруем звенья. Нумерацию звеньев следует начинать от входного (ведущего) звена.

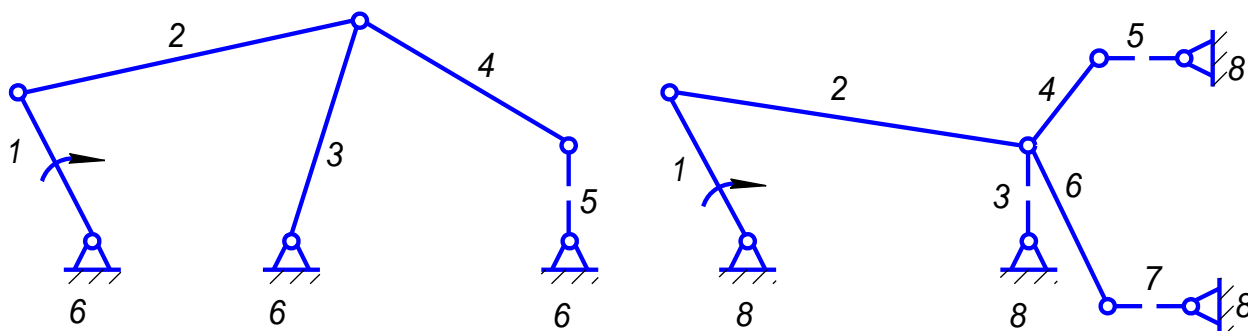


Как видим, для качающегося транспортера всего звеньев $n = 6$, а число подвижных будем $n - 1 = 5$. Для двойного пресса всего $n = 8$, а подвижных $n - 1 = 7$.

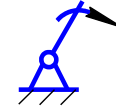
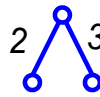
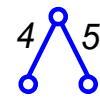
При подсчете кинематических пар следует обратить внимание на наличие в механизмах сложного шарнира, где число кинематических пар будет на единицу меньше числа сходящихся звеньев.

У качающегося транспортера сложный шарнир образуют звенья 2, 3 и 4 – три звена, а у двойного пресса звенья 2, 3, 4 и 6 – четыре звена. В первом случае $n = 4, p_1 = 3$. Отсюда у качающегося транспортера кинематических пар одноподвижных (первого рода) будет $p_1 = 2$, а во втором случае $n = 4, p_1 = 3$. Отсюда у качающегося транспортера кинематических пар одноподвижных (первого рода) будет $p_1 = 7$, а $p_2 = 0$. Следовательно, $W = 3(6 - 1) - 2 \times 7 = 1$.

Структурные схемы для указанных механизмов будут иметь следующий вид:



Выделение структурных групп (групп Ассура) следует начинать от выходного (ведомого) звена. При этом необходимо помнить, что группа Ассура должна иметь четное число звеньев и степень подвижности ее $W = 0$, а оставшийся механизм должен сохранить ту же степень свободы, что он имел. Выделение группа Ассура следует осуществлять в такой последовательности:



Таким образом, из составов механизмов выделены в основном двухповодковые группы Ассура второго порядка (по числу свободных поводков).

Следовательно, представленные механизмы (качающийся транспортер и пресс двойного действия) относятся к механизмам второго класса по классификации Ассура-Артоболевского, и второго порядка. Для кинематического анализа сложных зубчатых механизмов используются кинематические схемы, представленные в приложении 3.

В этом случае следует определить общее передаточное отношение между входным (ведущим) и выходным (ведомым) звеньями и его знак. При этом необходимо обратить внимание, что сложные зубчатые механизмы имеют в своем составе зубчатые механизмы с неподвижными осями и зубчатые механизмы с подвижными осями колес, так называемые эпициклические передачи, представляющие собой соосные зубчатые передачи, со внешним и внутренним зацеплением зубчатых колес.

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

Условие соосности при одинаковых модулях в парах зубчатых колес пишется в таком виде:

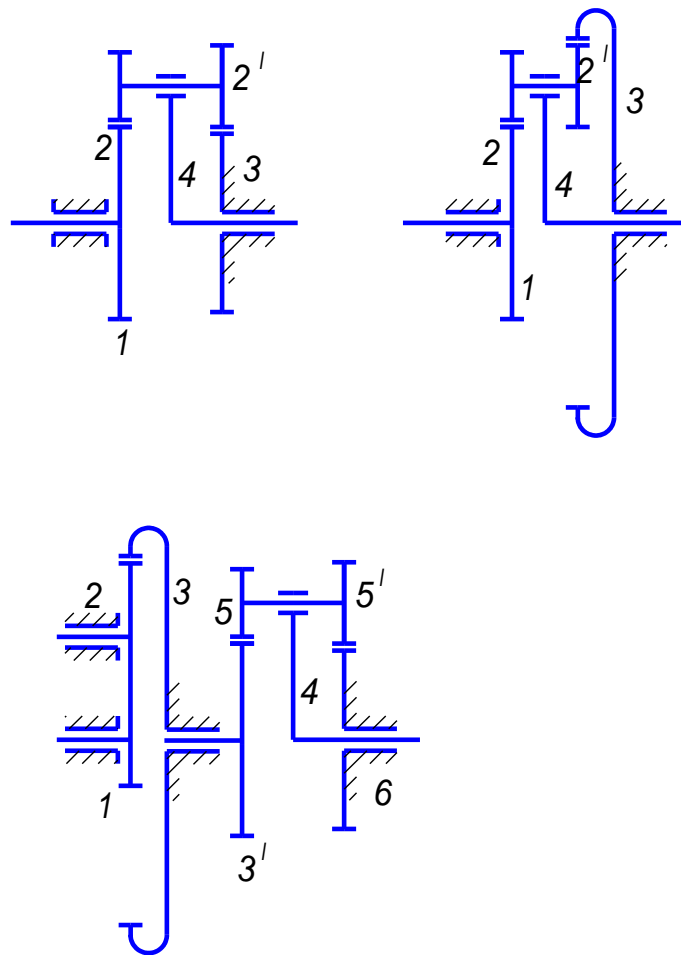
для схемы – 1

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

для схемы – 2

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

Порядок выполнения указанной контрольной работы рассмотрим на представленном примере сложного зубчатого механизма.



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

$$z_3 = 60;$$

$$z_5 = 40.$$

Как видно на рисунке, общее передаточное отношение приведенной зубчатой передачи запишется как произведение частных передаточных отношений зубчатых механизмов с неподвижными и подвижными осями. Последняя представляет собой планетарную передачу

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

Первая зубчатая передача представляет собой паразитный ряд с паразитным колесом z_2 . Передаточное отношение для указанного ряда запишется в таком виде

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

Подставив значения, получим

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

Вторая зубчатая передача представляет собой планетарный зубчатый механизм, передаточное отношение которого определяется следующим образом

$$u'_{34} = 1 - u'_{36},$$

где u'_{36} - передаточное отношение обращенной соосной зубчатой передачи запишется в таком виде

$$u'_{36} = \frac{z_6}{z_5'} \times \frac{z_5}{z_3'} \times (-1)^m.$$

Здесь m - число внешних зацеплений. В нашем случае $m=2$. Так как число зубьев z_6 не задано, то используя условия соосности

$$z_3' + z_5 = z_6 + z_5',$$

определим

$$z_6 = z_3' + z_5 - z_5'.$$

Подставив значение, получим

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

Следовательно

$$u'_{36} = \frac{40}{20} \times \frac{40}{20} (-1)^2 = 4.$$

Отсюда

$$u'_{34} = 1 - 4 = -3.$$

Таким образом, общее передаточное отношение равно

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

Для второй контрольной работы следует использовать кинематическую схему, представленную в приложении 4.

По заданным условиям, приведенным в таблице 5 необходимо:

- спроектировать механизм и построить 8 положений плана механизма

из одного полюса;

- построить для всех 8-ми положений планы скоростей (все из одного полюса);

- построить графики перемещений и скоростей для точки “В”;

- построить планы ускорений для двух положений. Положение следует выбирать из построенных положений планов механизма. При этом угол поворота кривошипа должен составлять для первого положения $\varphi_1 = 30^\circ \div 165^\circ$, а для второго $\varphi_2 = 210^\circ \div 330^\circ$ от нулевого положения механизма;

- для указанных двух положений механизма приложить: в первом положении только технологическую нагрузку P_3 , а во втором – только силы инерции звеньев и силы тяжести;

- для этих же двух положений определить реакции в кинематических парах и уравнивающие моменты сил. Затем проверить эти положения с помощью рычага Жуковского;

- α - угол, определяющий положение линии перемещения ползуна и расположение оси кривошипа относительно вертикальной линии (оси У).

Контрольная работа выполняется на чертежной бумаге формата А1 карандашом с соблюдением всех требований ГОСТа. Все расчеты заносятся в пояснительную записку.

7.2. К выполнению лабораторных работ.

Лабораторные работы выполняются в определенном объеме. Для их выполнения на кафедре имеются инструкции и соответствующие бланки, которые заполняются студентами по мере выполнения лабораторных работ.

По окончании лабораторных работ производится опрос и выставляется зачет по ним.

Студентам, не явившимся на лабораторные работы по неуважительным причинам, повторные занятия не организовываются

Таблица 5

№ п/п	Частота вращения, мин^{-1} , n_1	Ход ведомого звена, м, Н	$\lambda = \frac{l_{OA}}{l_{AB}}$	α , град.	Масса звена, m_2 , кг	P_3	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1	500	0,100	0,37	0	10	600	Для всех заданий принимать: $m_3 = 0,5m_2$ $J_{S2} = 0,1m_2l_2^2$ $l_{AS2} = 0,35l_{AB}$
2	420	0,106	0,37	15	8	800	
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. К выполнению курсового проекта.

Курсовой проект выполняется по методическим указаниям, которые разработаны кафедрой.

Оформление курсового проекта.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графических построений.

Графические построения к каждому разделу выполняются на отдельном листе чертежной бумаги формата А1 карандашом с соблюдением всех требований ГОСТа. На чертежах необходимо сохранять все вспомогательные построения, делать соответствующие надписи и проставлять принятые масштабы. Каждый лист должен иметь угловой штамп. Объем курсового проекта составляет 3-4 листа.

Составной частью курсового проекта является расчетно-пояснительная записка, выполняемая чернилам или чернильной пастой (исключая зеленый и красный цвета) на одной стороне листа бумаги формата А1 с полями слева 25 мм и справа 15 мм. Объем расчетно-пояснительной записки составляет 20 - 40 страниц. Все страницы нумеруются и затем брошюруются в твердый переплет.

Записка должна содержать титульный лист, форма которого приводится ниже.

В расчетно-пояснительную записку входит:

- краткое введение;
- схема механизма с исходными данными задания;
- все расчеты по листам с краткими пояснениями к решениям;
- список используемой литературы;
- оглавление.

Записка подписывается студентом на титульном листе и на последней странице текстовой части. В штампах на чертежных листах также ставится подпись студента.

Готовый курсовой проект (расчетно-пояснительная записка и чертежные листы) рецензируются преподавателем кафедры, который ставит свою подпись на листах и на последней странице текстовой части. После этого проводится защита курсового проекта. На защите студент должен показать знания по дисциплине “Теория механизмов и машин” в объеме курсового проекта. Защита курсового проекта оценивается дифференциальной отметкой, которая

пропоставляється на титульному листі з відповідними підписами препода-

Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України
Кафедра прикладної механіки

Розрахунково-пояснювальна записка
до курсового проекту по
Теорії механізмів та машин
на тему:
Проектування і дослідження схеми механізму

Керівник проекту
доц., канд. техн. наук
проект розробив
студент гр.

Дніпро
2019

вателей.

ЛИТЕРАТУРА

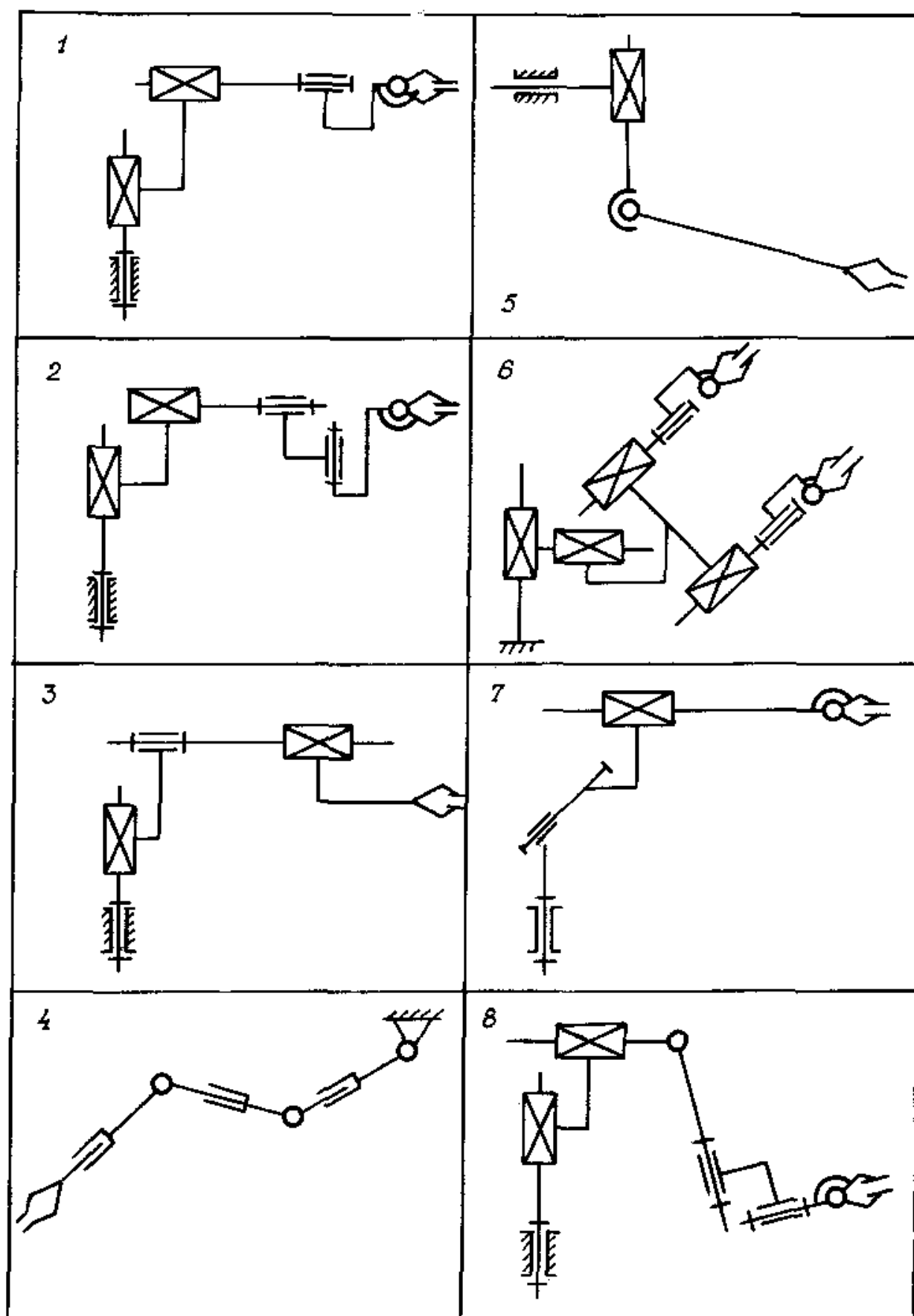
Учебники

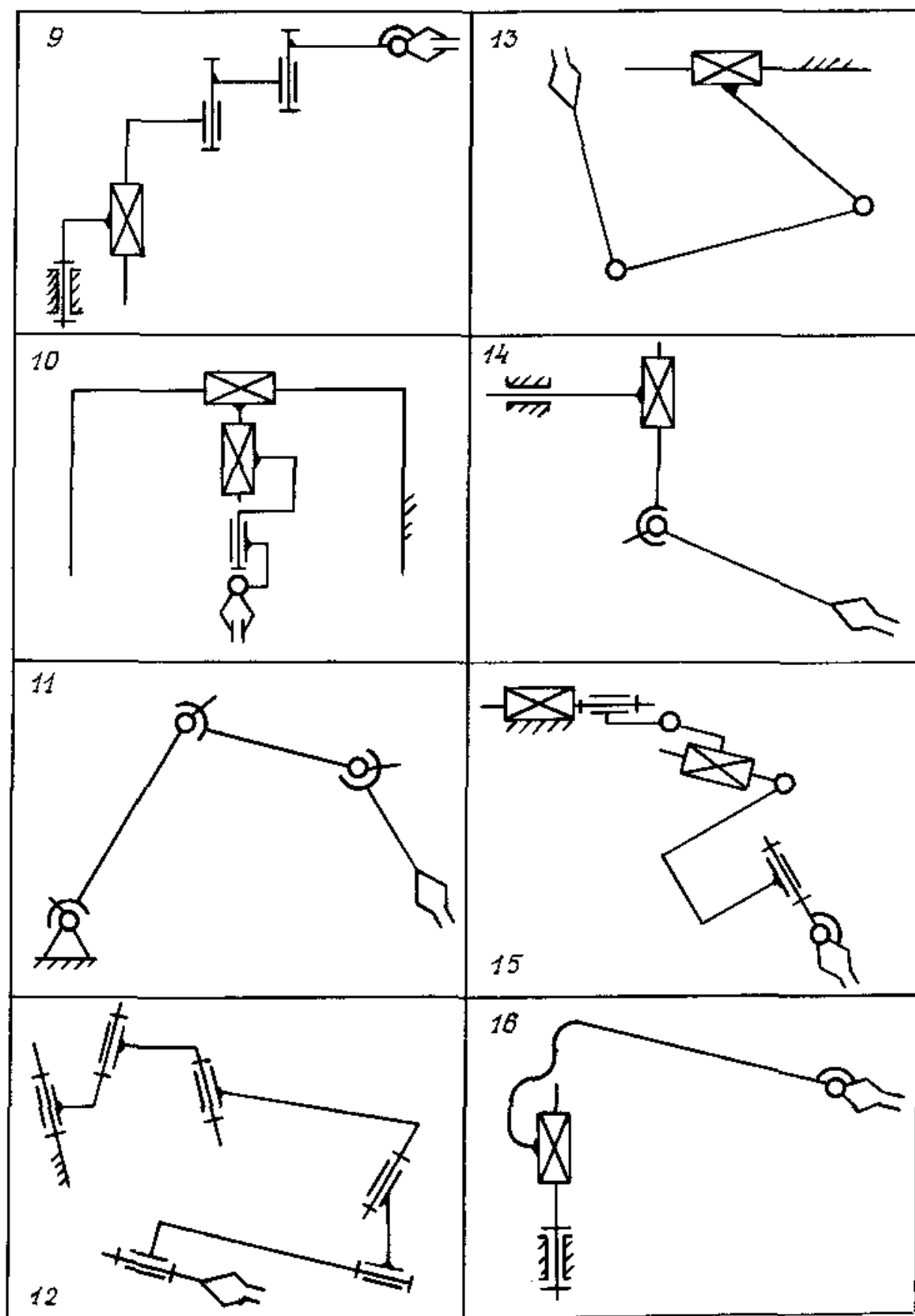
1. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1975.
2. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988.

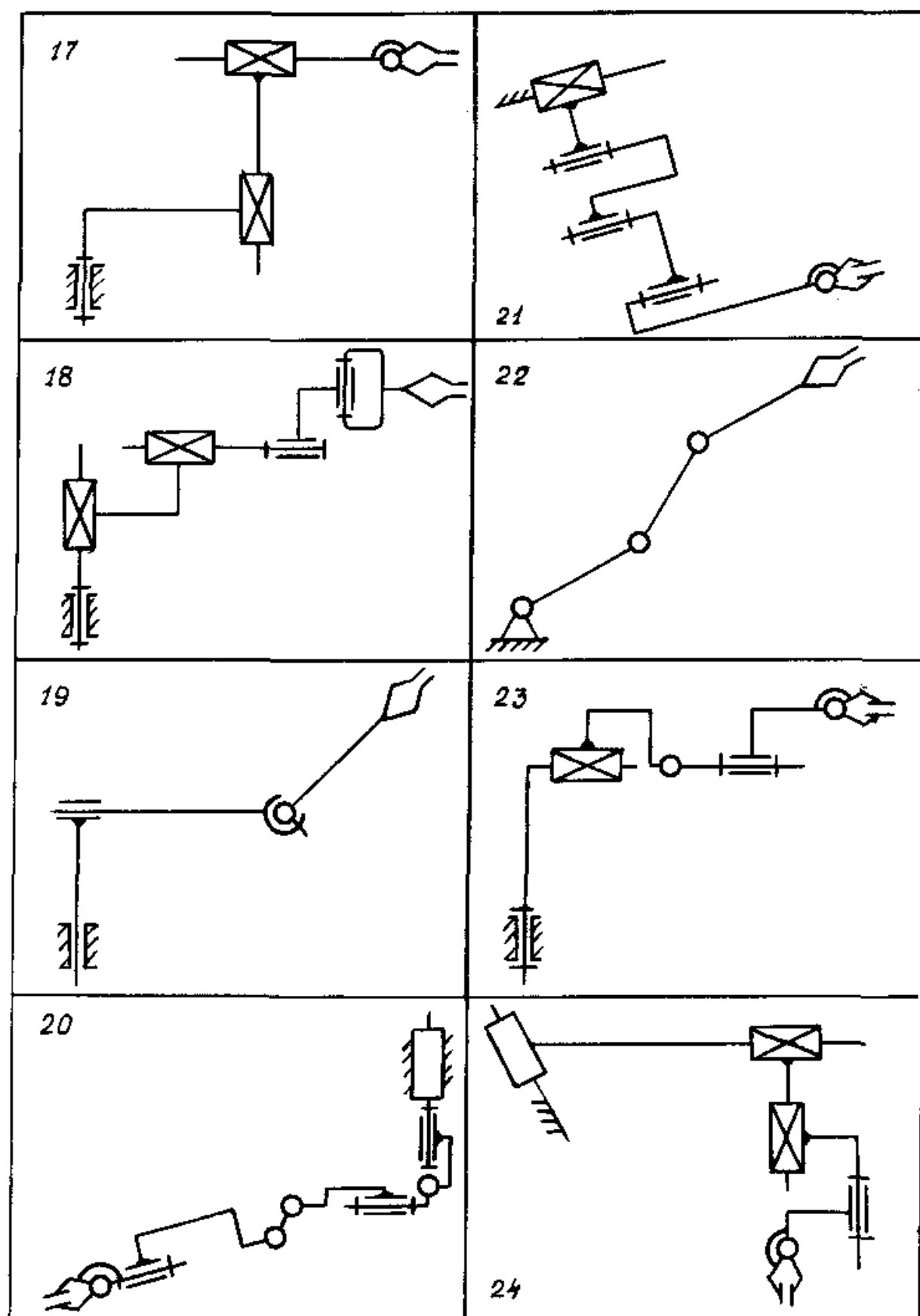
Учебные пособия

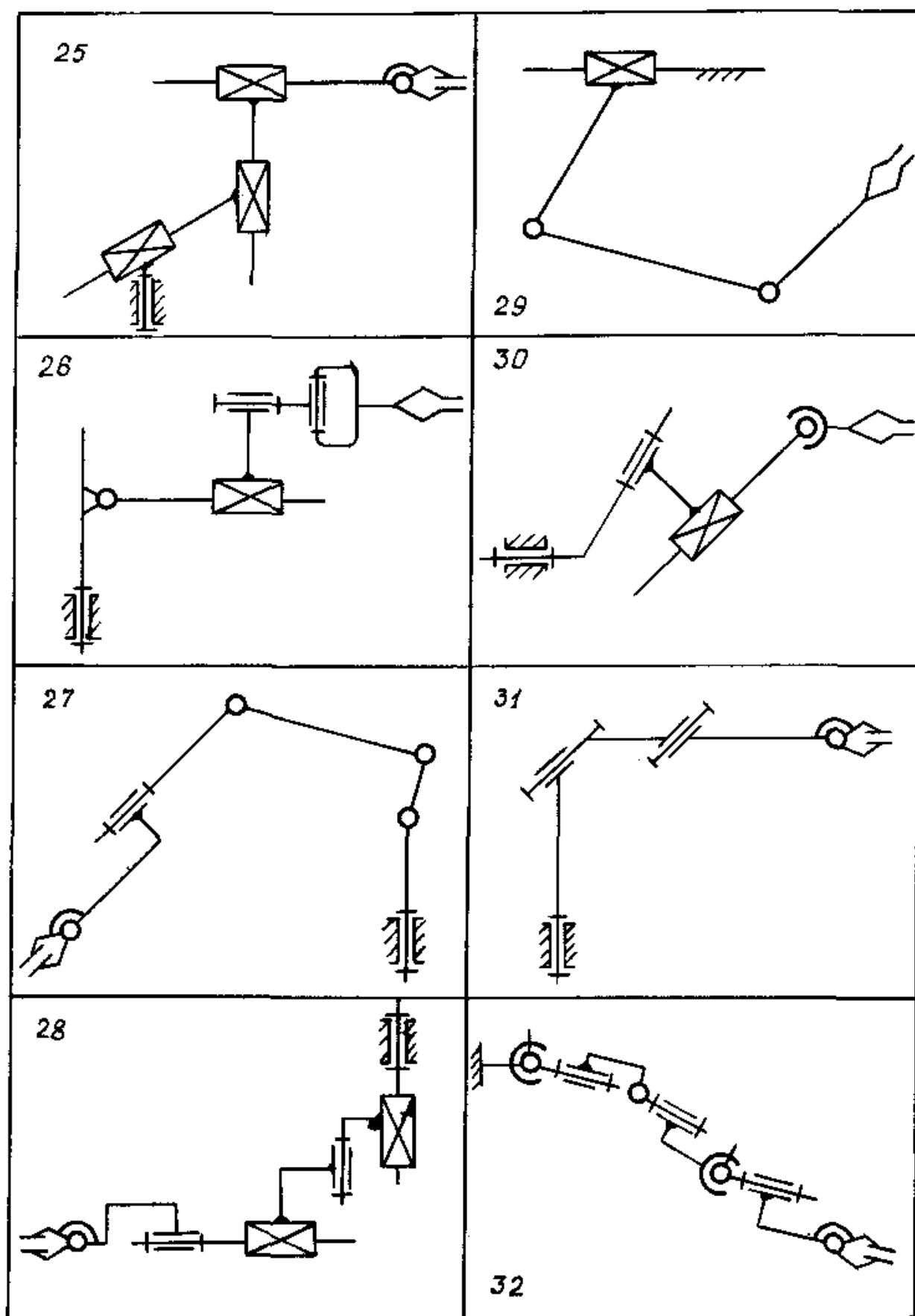
3. Левитская О. Н., Левитский Н. И. Курс теории механизмов и машин. - М.: Наука, 1978.
4. Артоболевский И. И., Эдельштейн Б. В. Сборник задач по теории механизмов и машин. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1975.
5. Теория механизмов и машин /Под ред. К. В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1975.
6. Кожевников С. Н., Раскин Я. М. Конспект лекций по теории механизмов и машин. – Днепропетровск: ДМетИ, ч.1,1970.
7. Кожевников С. Н., Раскин Я. М. Конспект лекций по теории механизмов и машин. – Днепропетровск: ДМетИ, ч.2,1971.
8. Атлас схем и примеры выполнения задач анализа и синтеза современных механизмов / Под ред. Я. М. Раскина. - Днепропетровск: ДМетИ,1975.
9. Попов С. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. – М.: Высш. шк., 1986.
10. Юденич В. В. Лабораторные работы по теории механизмов и машин. – М.: Высш. шк., 1962.

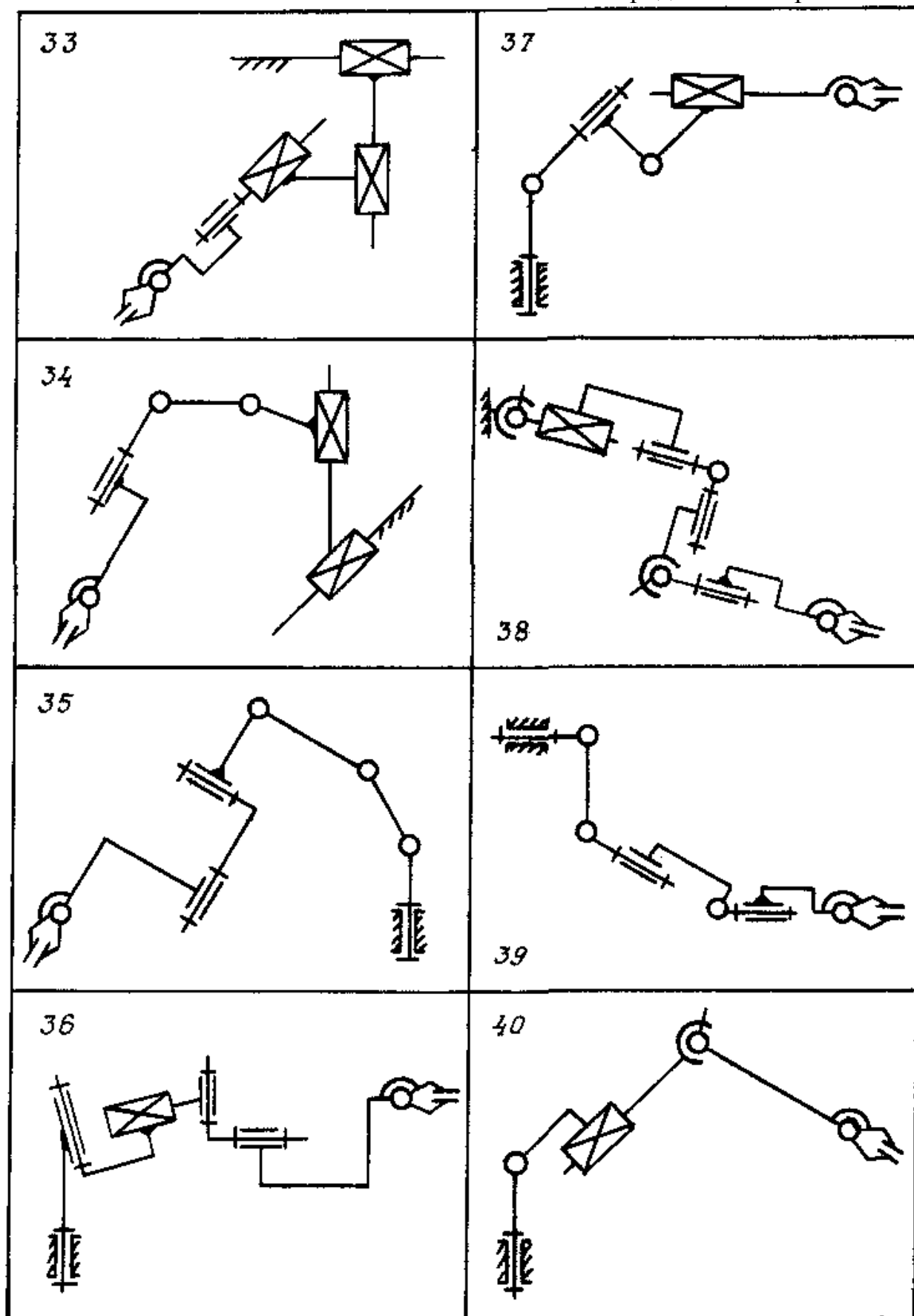
ПРИЛОЖЕНИЯ

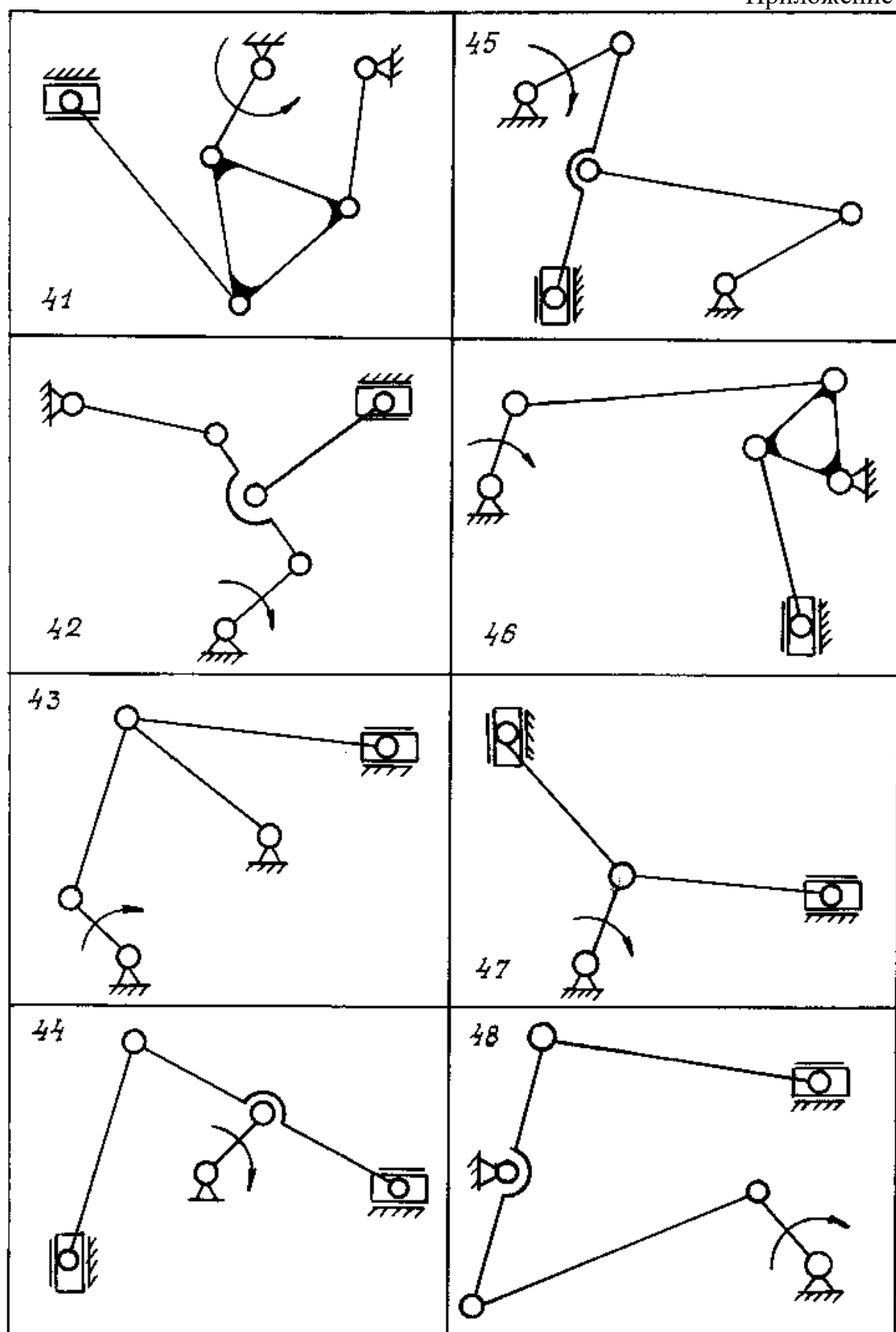


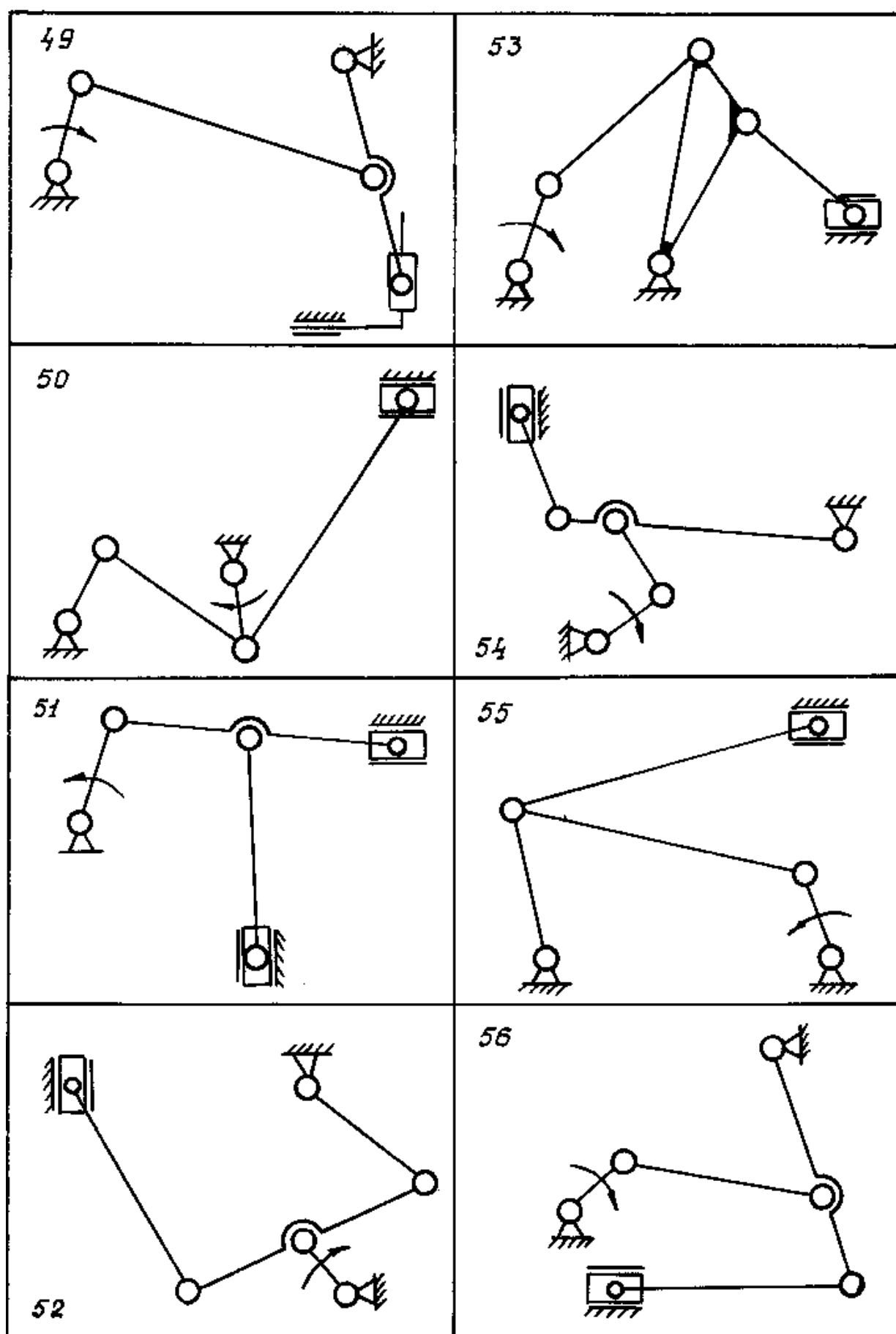


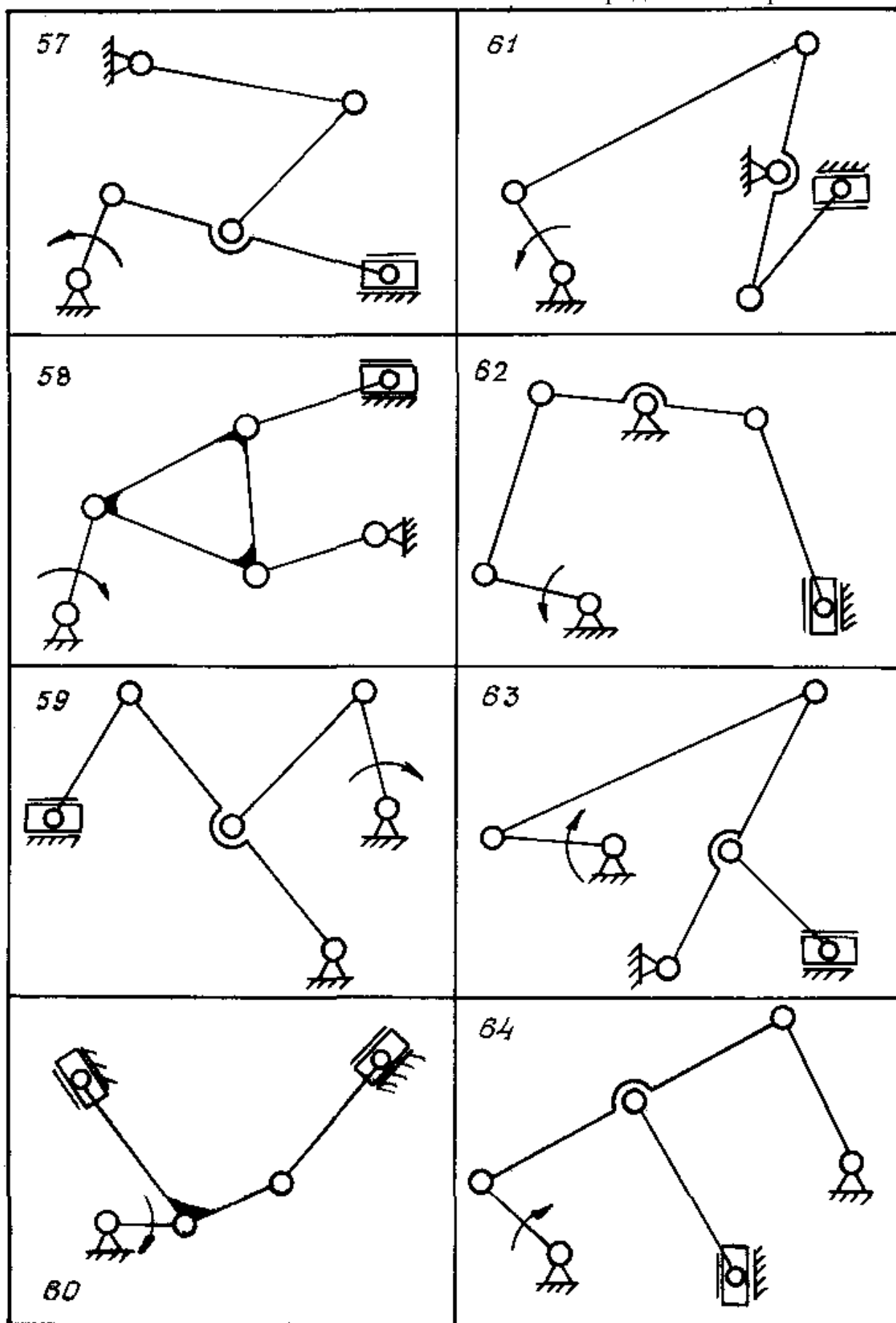


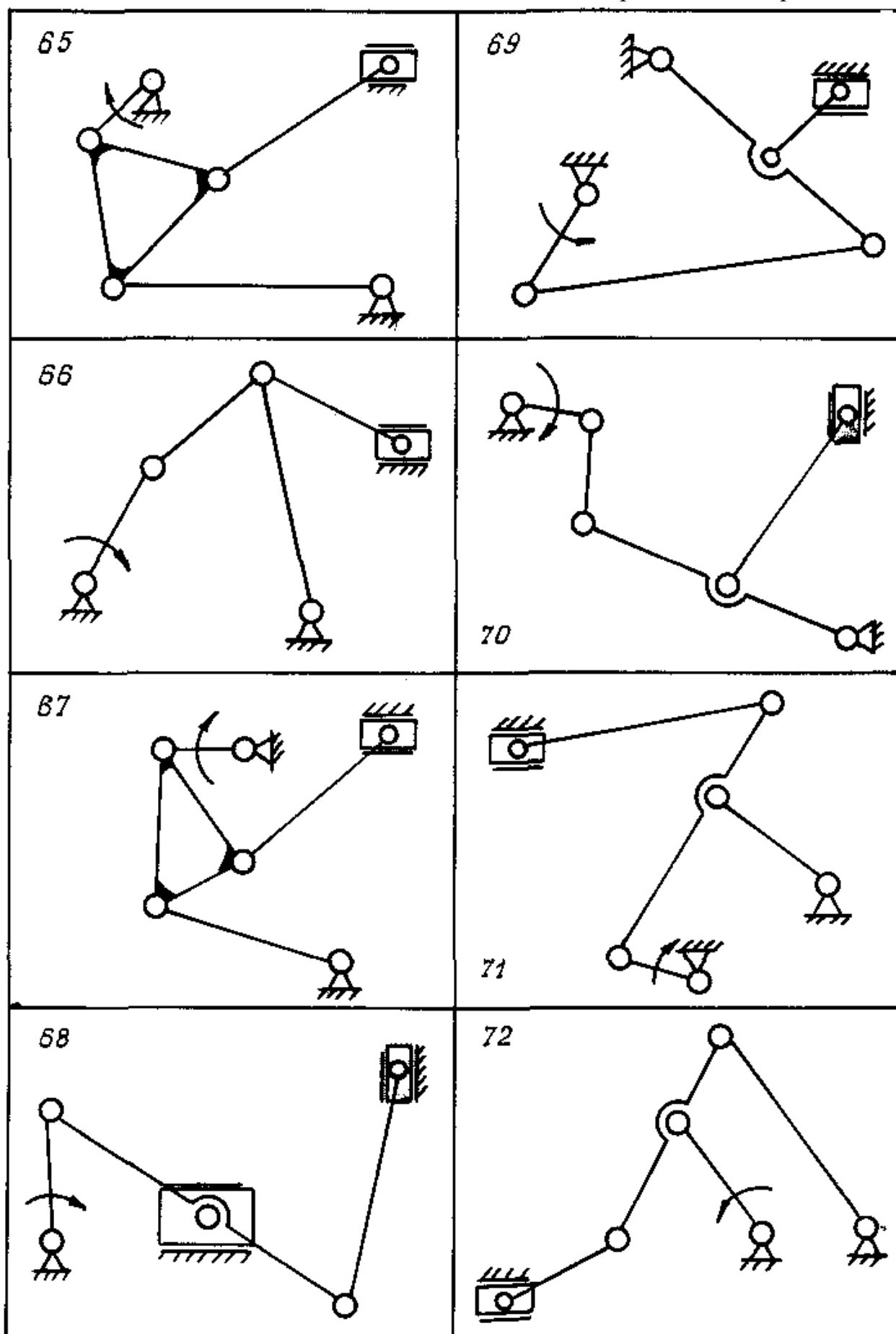


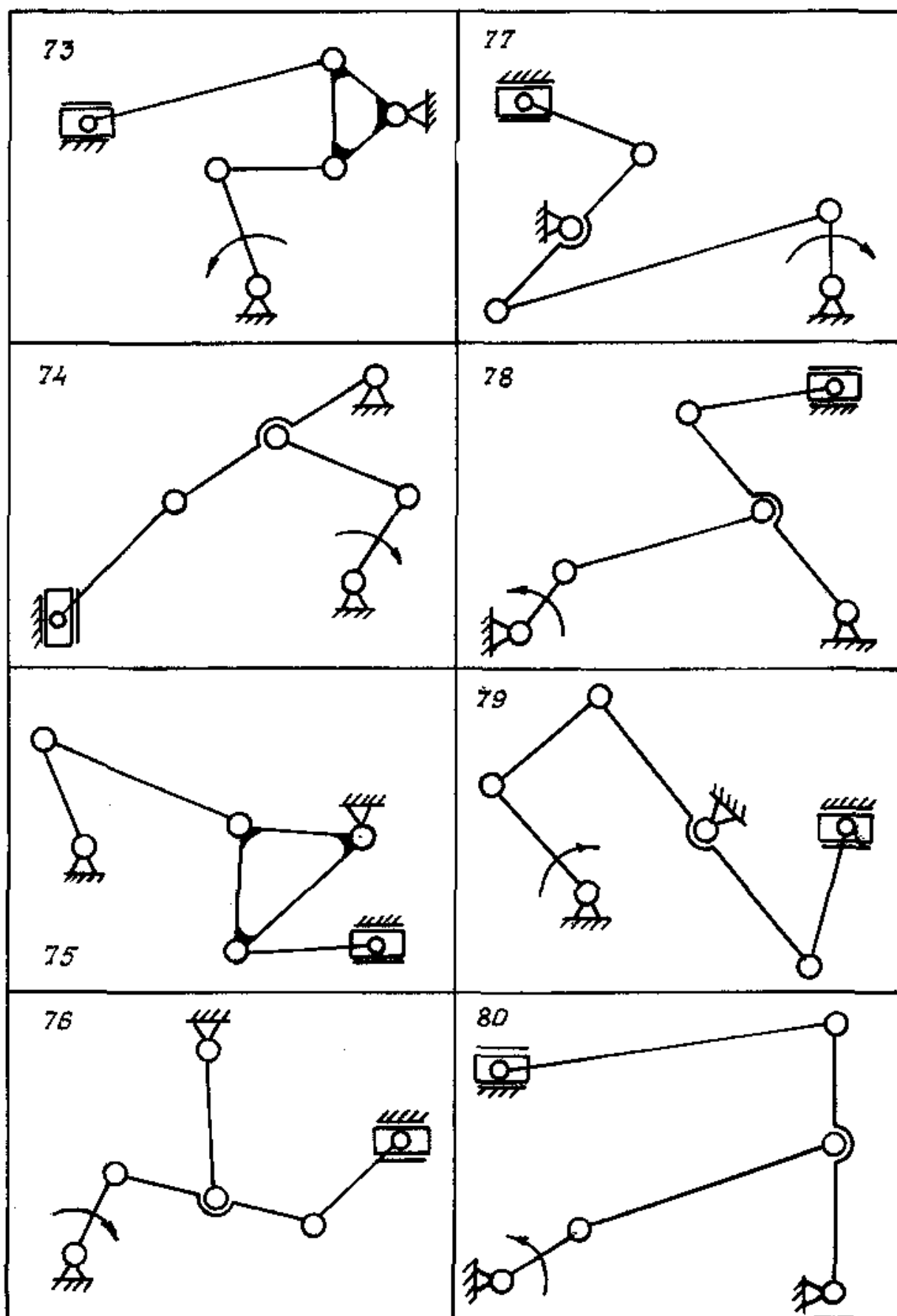


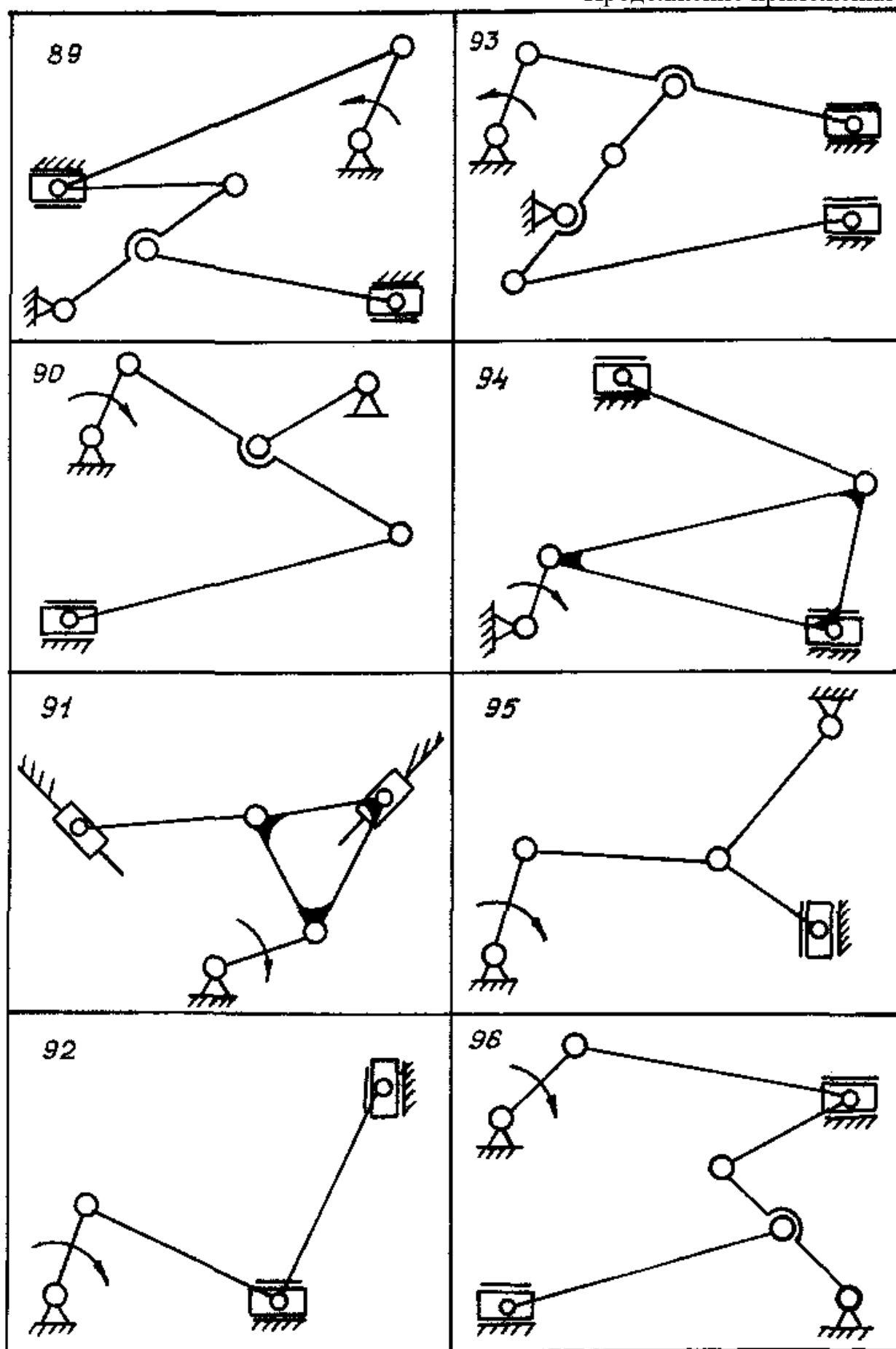


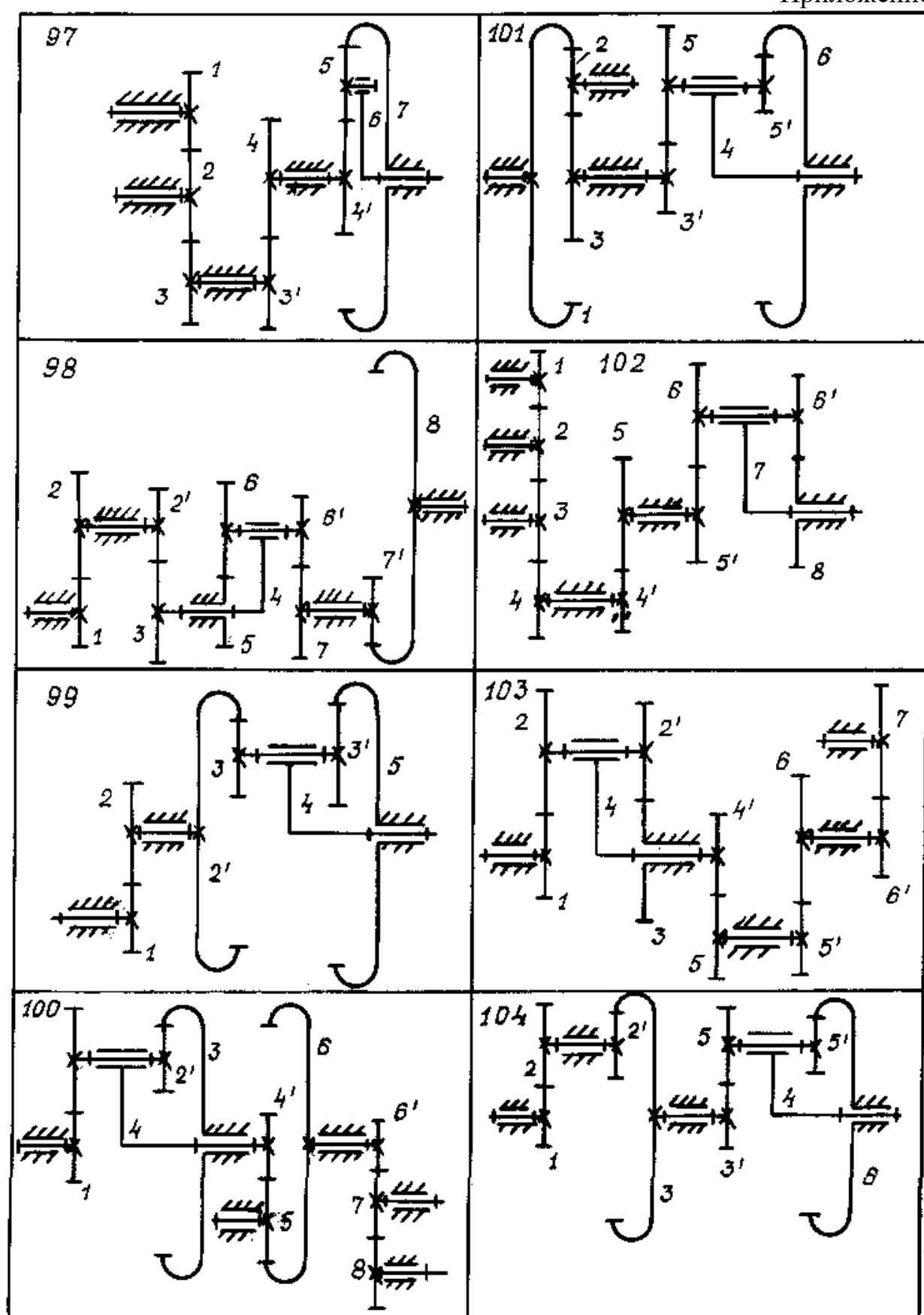


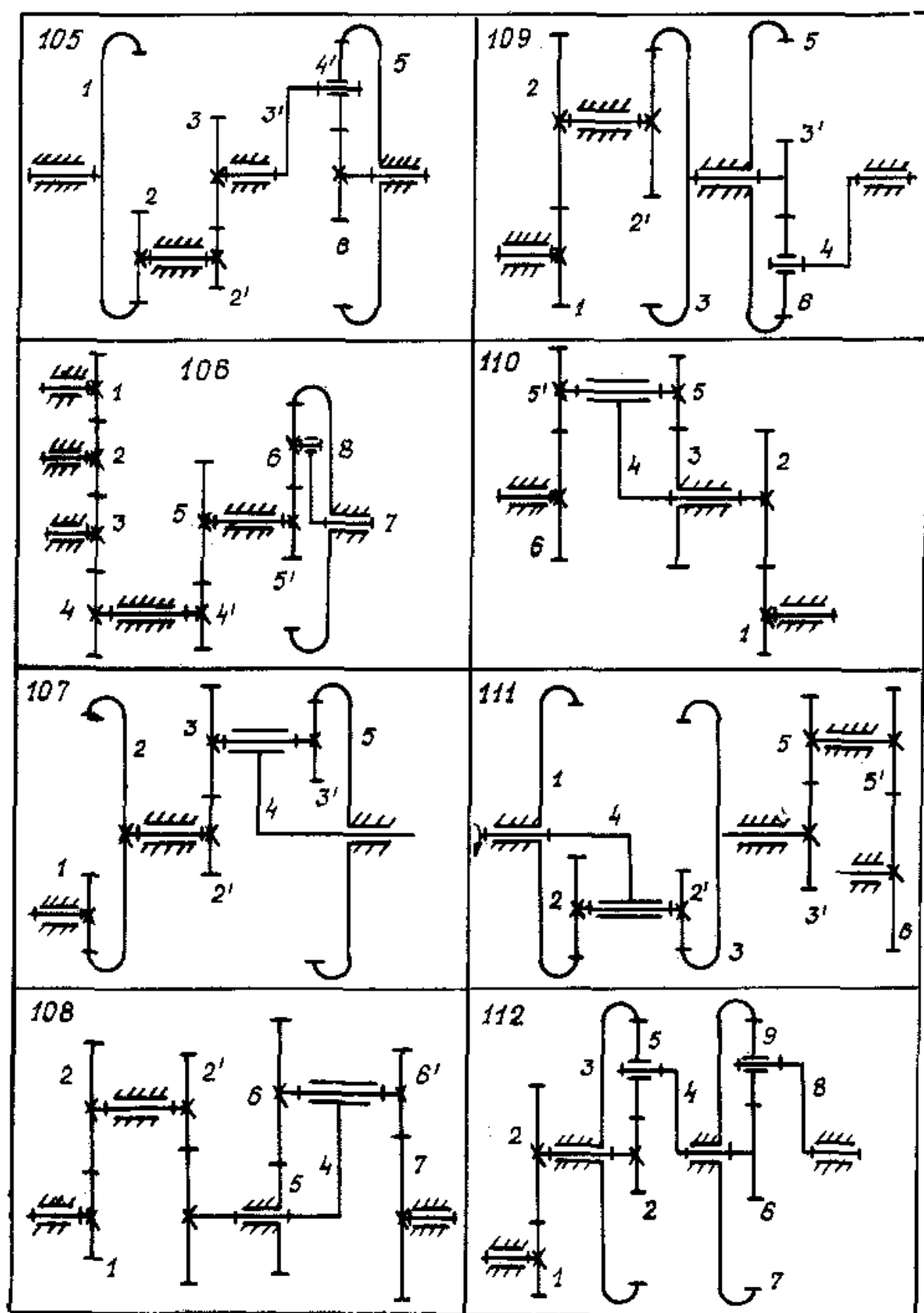


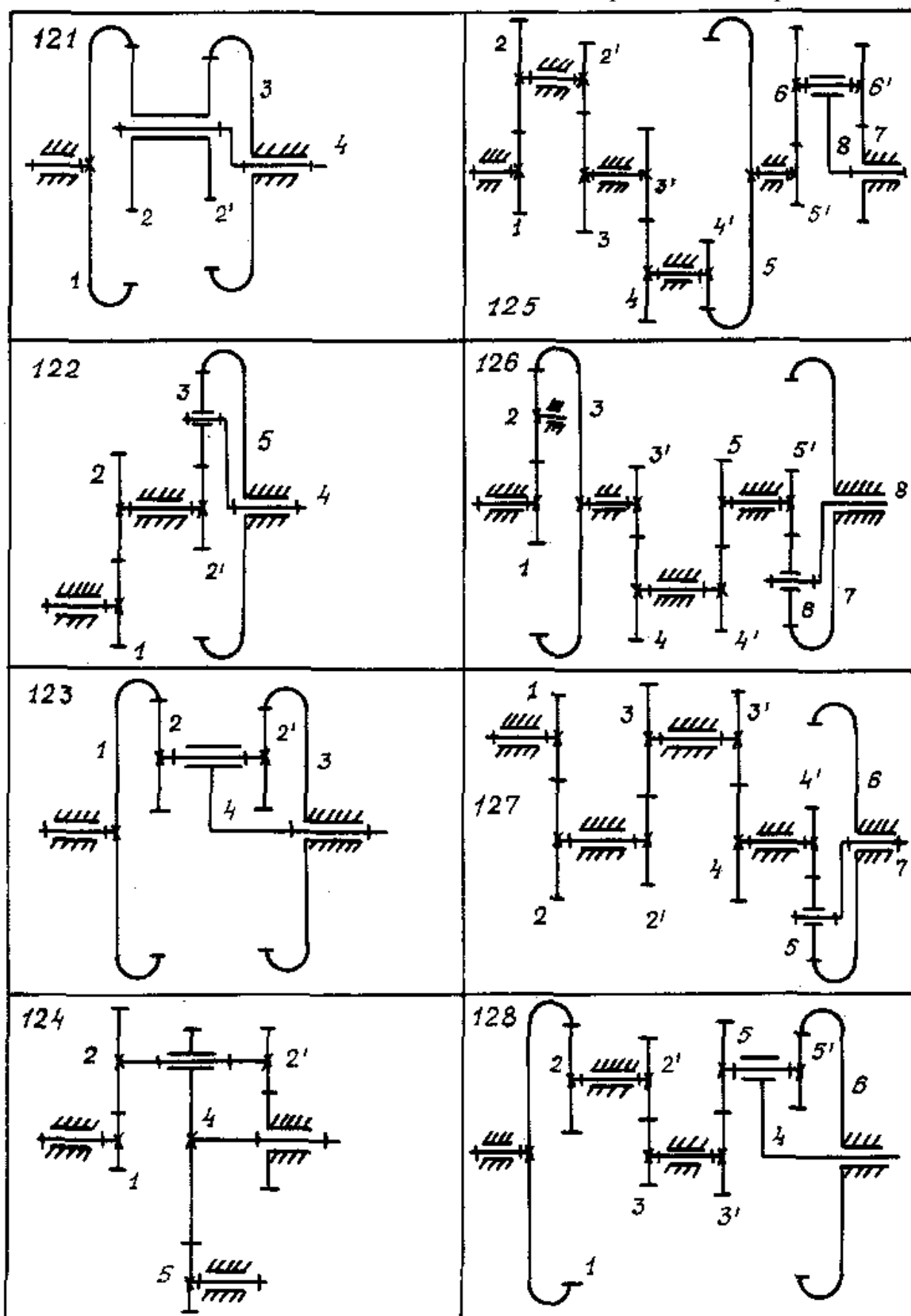


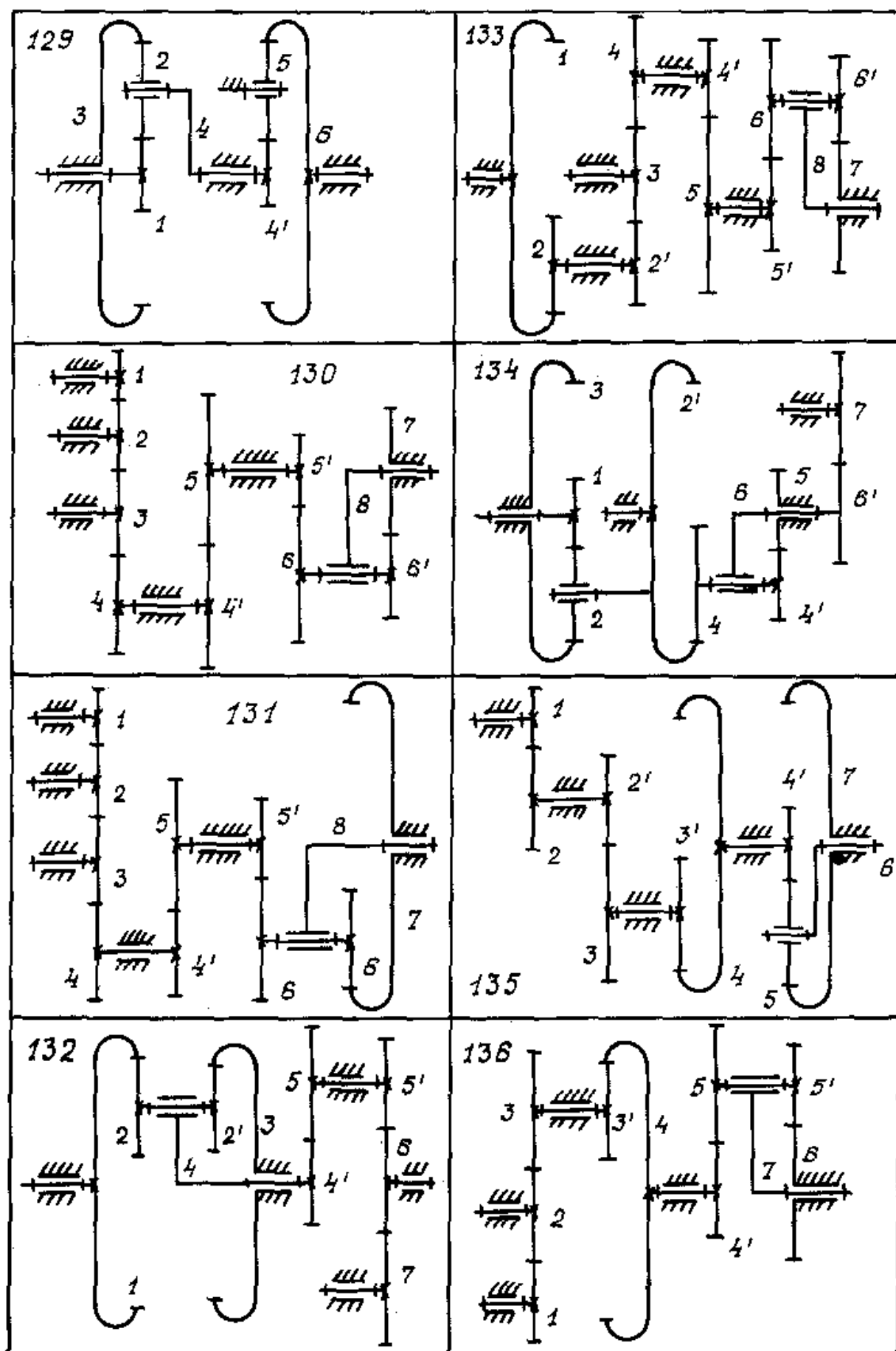


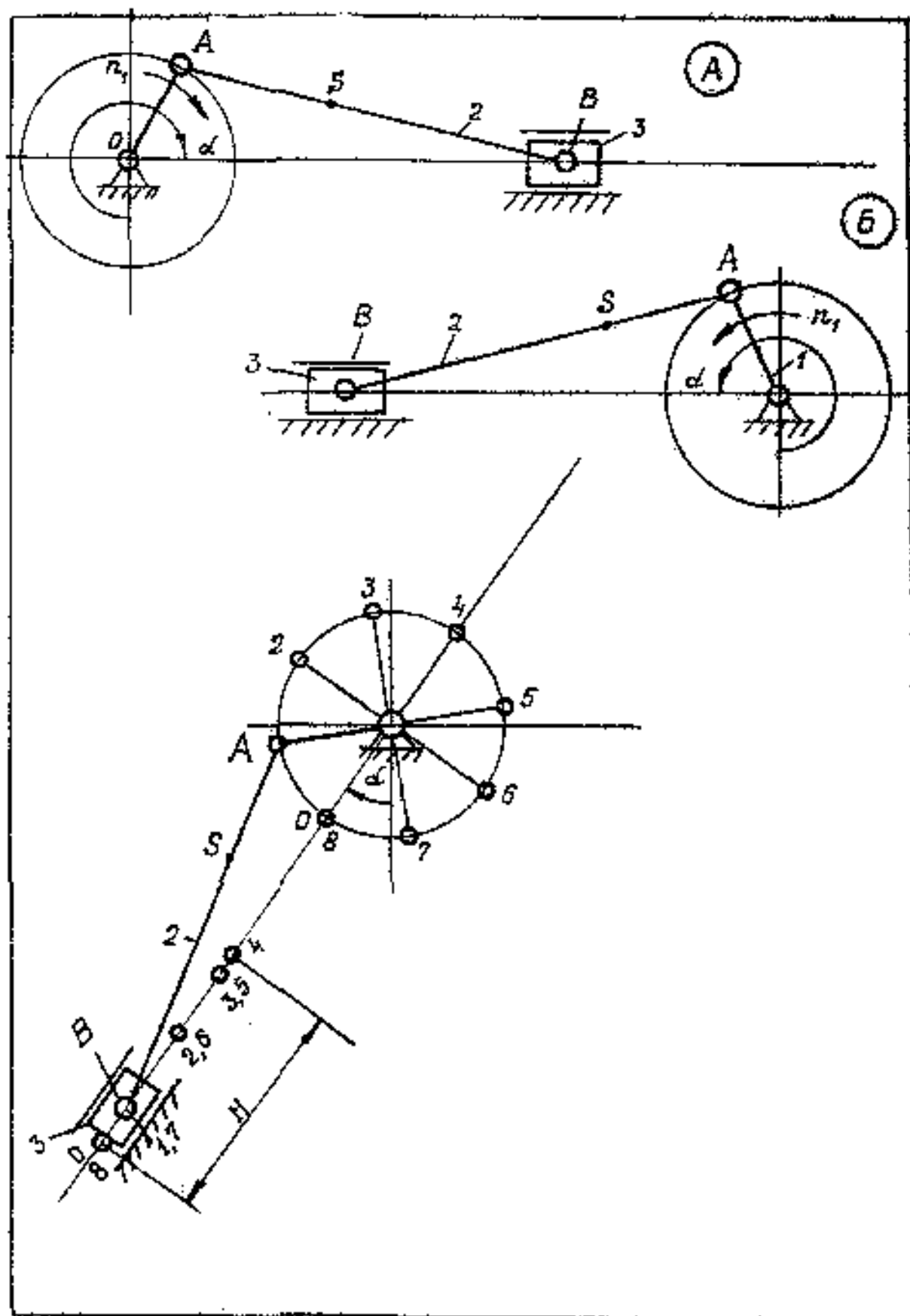












Навчальне видання

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

Леонід Григорович Заїка

Владислав Миколайович Рубан

Редактор А.С. Кадаченко.