

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания

к выполнению практических работ

для студентов всех форм обучения направлений

12.03.01 – Приборостроение (квалификационный уровень – бакалавр),

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов

и производств (квалификационный уровень – бакалавр)

и 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

(квалификационный уровень – бакалавр)

Севастополь

СевГУ

2020

Р е ц е н з е н т:

А.О. Харченко – к.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения»

Составители: М.А. Худаймуратов, К.Н. Осипов

Т33 Теоретический анализ механизмов мехатронных систем : методические указания к выполнению практических работ для студентов всех форм обучения направлений 12.03.01 – Приборостроение (квалификационный уровень – бакалавр), 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств (квалификационный уровень – бакалавр) и 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии (квалификационный уровень – бакалавр) / Сост. М.А. Худаймуратов, К.Н. Осипов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет. – Севастополь: СевГУ, 2020. – 73 с. – Текст : электронный.

Методические указания предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Теоретический анализ механизмов мехатронных систем».

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине “Теоретический анализ механизмов мехатронных систем”.

В методические указания излагаются теоретические сведения и рекомендации для получения практических навыков теоретического анализа различного рода механизмов области мехатронных систем: теоретические материалы и варианты заданий, составление кинематической принципиальной схемы, определение степени подвижности плоского механизма, кинематический анализ простых зубчатых передач, кинематическое исследование плоского механизма методом построения плана скоростей и кинематическое исследование плоского механизма методом построения плана ускорений.

УДК 531.8

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 7 от 27 февраля 2020 г.

Рекомендовано в качестве методических указаний для студентов всех форм обучения направлений 12.03.01 – Приборостроение (квалификационный уровень – бакалавр), 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств (квалификационный уровень – бакалавр) и 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии (квалификационный уровень – бакалавр).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 – «СОСТАВЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ»	7
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 – «ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОДВИЖНОСТИ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА»	22
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 – «КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ»	33
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 – «КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНА СКОРОСТЕЙ»	38
ПРАКТИКА 5 – «КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНА УСКОРЕНИЙ»	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	71

ВВЕДЕНИЕ

Теоретический анализ механизмов мехатронных систем – это наука, изучающая общие методы структурного, кинематического и динамического анализа и синтеза различных узлов, механизмов и оборудования в области робототехники и мехатронных систем. Эти методы пригодны для проектирования любых механизмов и не зависят от их назначения или от физической природы рабочих процессов машин. Самостоятельное решение на практических занятиях индивидуальных конкретных задач из различных разделов курса позволяет студентам освоить эти методы и подготовиться к проектированию или анализу новых механизмов и машин.

Цель практикума - научить будущих инженеров применять общие методы анализа и синтеза схем механизмов для создания высокопроизводительных, надежных и экономичных машин.

Задачи практикума: в результате выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях по теории механизмов и машин студенты должны:

- изучить основные понятия и терминологию, используемые в курсе дисциплины ТАММС;
- приобрести навыки в построении и использовании кинематических схем механизмов;
- изучить геометрические параметры простых и сложных цилиндрических зубчатых передач, научиться выполнять анализ и синтез этих передач;
- овладеть методами кинематического исследования механизмов путем построения планов скоростей и ускорений;

В современной технике широко распространены машины, агрегаты, работа которых определяется совокупностью действия механических, электрических и гидравлических устройств. Изучение принципа действия таких сложных изделий по чертежам (сборочным, электромонтажным и т.д.) весьма затруднительно, поэтому кроме чертежей часто составляют схемы устройства.

При проектировании кинематического объекта (прибора, аппарата и т.п.) чертежи, схемы и описания рассматриваются как технические документы, содержащие определенную информацию. Документация, выпускаемая в процессе проектирования, носит название проектно-конструкторской или конструкторской документации.

Конструкторская документация определяет устройство и состав изделия, содержит необходимые данные для его изготовления и контроля. Виды конструкторских документов устанавливает ГОСТ 2.102-68. К графической конструкторской документации относятся чертежи и схемы.

Чертеж — документ, содержащий изображение электротехнического изделия и другие данные, поясняющие функциональное назначение изделия и связи между составными частями.

Схема — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Текстовые конструкторские документы оформляются в виде сплошного текста (технические условия, пояснительные записки и т.п.) или текста, разбитого на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т. п.).

В настоящее время существует более 23 тысяч действующих национальных стандартов РФ, которые подразделяются на 26 систем, определяющих правила оформления технической документации. Основная среди них — Единая система конструкторской документации (ЕСКД), составной частью которой являются стандарты на условные графические обозначения в схемах, на правила выполнения кинематических принципиальных схем (ГОСТ 2.701-84 ...

ГОСТ 2.797-81). ЕСКД дает единую обязательную систему построения изображений, единые правила выполнения и оформления чертежей. Эти правила обязательны к выполнению.

Предлагаемое задание является заключительным в курсе инженерной графики и подготовительным для выполнения графической части курсовых работ по специальным дисциплинам и дипломной работы.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ТЕРМИНЫ

Схемы носят условный характер, однако позволяют лаконично и выразительно излагать инженерную мысль с помощью символики и условных обозначений и должны содержать сведения в объеме, достаточном для изготовления и эксплуатации изделия. Схемы существенно отличаются от проекционных изображений, так как в основу графического изображения элементов, составляющих изделие, положен не проекционный принцип, а условные изображения и знаки. Плоскостные условные графические изображения позволяют сократить объем графической работы и предельно просто передать содержание схемы.

Схема — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.102-68).

При выполнении схемы используют следующие термины:

— *элемент* схемы — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (подшипник, вал, электродвигатель и т.п.);

— *устройство* — совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (блок шестерен и т.п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения;

— *функциональная группа* — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию;

- *функциональная часть* — элемент, функциональная группа и устройство, выполняющие определенную функцию;
- *функциональная цепь* — линия, канал, тракт определенного функционального назначения;
- *линия взаимосвязи (или связи)* — отрезок линии, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия;
- *установка* — условное наименование объекта в технических сооружениях, на который выпускается схема.

2. ВИДЫ И ТИПЫ СХЕМ

Правила выполнения схем, условные графические изображения и обозначения их элементов установлены стандартами седьмой классификационной группы ЕСКД (ГОСТ 2.701-84 и последующие).

Классификация схем изделий всех отраслей промышленности, согласно ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», приведена в табл. 1.

Таблица 1

Виды и типы схем

Признак классификации	Схемы	Обозначение
Виды схем в зависимости от видов элементов и связей	Вакуумные	В
	Гидравлические	Г
	Деления	Е
	Кинематические	К
	Оптические	Л
	Пневматические	П
	Комбинированные	С
	Энергетические	Р
	Газовые	Х
	Электрические	Э
Типы схем в зависимости от основного назначения	Структурные	1
	Функциональные	2
	Принципиальные	3
	Соединений (монтажные)	4
	Подключения	5
	Общие	6
	Расположения	7
	Прочие	8
	Объединенные	0

Наименование схемы определяется ее видом и типом. Примеры кодов:

- схема электрическая принципиальная – ЭЗ;
- схема гидравлическая соединений – Г4;
- схема электрическая соединений и подключений – Э0.

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Функциональные части изображают 1 на схеме в виде прямоугольников или иных плоских фигур с вписанными в них обозначениями типов элементов. Ход рабочего процесса поясняют линиями взаимосвязи со стрелками в соответствии с ГОСТ 2.721-74.

Функциональная схема поясняет определенные процессы, протекающие в отдельных цепях изделия или изделия в целом. Используется для изучения принципа работы изделия, а также при наладке, регулировке, контроле и ремонте изделия.

Принципиальная схема (полная) определяет полный состав элементов и связей между ними и дает представление о принципах работы изделия. Служит для разработки других конструкторских документов, например, чертежей печатных плат, монтажных схем, а также изучения принципов работы изделия при его наладке и эксплуатации.

Схема соединений (монтажная) показывает порядок соединения составных частей изделия, состав элементов соединений (проводов, жгутов, трубопроводов), места присоединений, ввода и вывода.

Схема подключения показывает внешние подключения изделия. Ею пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Ею пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости также проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов и т.п. Ее используют при разработке других конструкторских документов, а также при изготовлении и эксплуатации изделий.

Основное внимание в методических указаниях уделено средствам рационального графического изображения и оформления принципиальных схем, так как они наиболее сложны в исполнении и чаще других видов используются в курсовом и дипломном проектировании.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 – «СОСТАВЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ»

Цель работы: Научиться составить кинематической принципиальной схемы различных устройств (по варианту), заполнения основной надписи и дополнительных граф и спецификаций.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Общие требования к выполнению схем

Комплектность схем (номенклатура) на изделие определяется разработчиком в зависимости от особенностей изделия. При этом количество типов схем на изделие определяют минимальным количеством, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления и ремонта изделия.

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301-68, при этом основные форматы являются предпочтительными. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею.

Наименование схемы вписывают в графу 1 основной надписи (форма 1 по ГОСТ 2.104-68) после наименования изделия, для которого выполняется схема, шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия.

Каждой схеме присваивают код, состоящий из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы (см. раздел 2, таблица).

ГОСТ 2.701-84 предусматривает следующие основные требования к выполнению схем:

- схемы выполняются без соблюдения масштаба и действительного расположения составных частей изделия (установки);
- допускается располагать условные графические обозначения элементов на схеме в том же порядке, в котором они расположены в изделии, при условии, что это не затруднит чтение схемы;
- графические обозначения элементов и соединяющие их линии располагают на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

Каждая схема сопровождается перечнем элементов, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

На схемах допускается приводить различные технические данные, характер которых определяется видом и типом схемы. Эти сведения помещают около графических обозначений (по возможности справа или сверху) или на свободном поле схемы (по возможности над основной надписью). Около графических обозначений элементов и устройств помещают, в частности, номинальные значения их параметров, а на свободном поле — диаграммы, таблицы, текстовые указания.

Условные графические обозначения элементов.

Все элементы на схемах изображаются условными графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД (ГОСТ 2.703-68 ... ГОСТ 2.770-68

- На принципиальной схеме изделия должна быть представлена вся совокупность кинематических элементов и их соединений, предназначенных для осуществления, регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов; должны быть отражены кинематические связи (механические и немеханические), предусмотренные внутри исполнительных органов, между отдельными парами, цепями и группами, а также связи с источником движения.

- Принципиальную схему изделия вычерчивают, как правило, в виде развертки.

Допускается принципиальные схемы вписывать в контур изображения изделия, а также вычерчивать в аксонометрических проекциях.

- Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями или упрощенно в виде контурных очертаний.

- Механизмы, отдельно собираемые и самостоятельно регулируемые, допускается изображать на принципиальной схеме изделия без внутренних связей. Схему каждого такого механизма изображают в виде выносного элемента на общей принципиальной схеме изделия, в которое входит механизм, или выполняют отдельным документом, при этом на схеме изделия помещают ссылку на этот документ.

- Если в состав изделия входит несколько одинаковых механизмов, допускается выполнять принципиальную схему для одного из них, а другие механизмы изображать упрощенно.

- Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов изделия (механизма).

Допускается пояснять надписью положение исполнительных органов, для которых вычерчена схема.

Если элемент при работе изделия меняет свое положение, то на схеме допускается показывать его крайние положения тонкими штрихпунктирными линиями.

- На кинематической схеме, не нарушая ясности схемы, допускается:

а) переносить элементы вверх или вниз от их истинного положения, выносить их за контур изделия, не меняя положения;

б) поворачивать элементы в положения, наиболее удобные для изображения.

В этих случаях сопряженные звенья пары, вычерченные отдельно, соединяют штриховой линией.

- Если валы или оси при изображении на схеме пересекаются, то линии, изображающие их, в местах пересечения не разрывают.

- Если на схеме валы или оси закрыты другими элементами или частями механизма, то их изображают как невидимые.

- Допускается валы условно повертывать так, как это показано на чертеже.

- Соотношение размеров условных графических обозначений взаимодействующих элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному соотношению размеров этих элементов в изделии.

- На принципиальных схемах изображают:

- валы, оси, стержни, шатуны, кривошипы и т.п. - сплошными основными линиями толщиной s ;

- элементы, изображенные упрощенно в виде контурных очертаний, зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки и т.п. - сплошными линиями толщиной $s/2$;

- контур изделия, в который вписана схема, - сплошными тонкими линиями толщиной от $s/2$ до $s/3$;

- кинематические связи между сопряженными звеньями пары, вычерченными отдельно, - штриховыми линиями толщиной $s/2$;

- кинематические связи между элементами или между ними и источником движения через немеханические (энергетические) участки - двойными штриховыми линиями толщиной от $s/2$ до $s/3$;

- расчетные связи между элементами - тройными штриховыми линиями толщиной от $s/2$ до $s/3$.

- На принципиальной схеме изделия указывают:

- а) наименование каждой кинематической группы элементов, учитывая ее основное функциональное назначение (например, привод подачи), которое наносят на полке линии-выноски, проведенной от соответствующей группы;

- б) основные характеристики и параметры кинематических элементов, определяющие исполнительные движения рабочих органов изделия или его составных частей.

Примерный перечень основных характеристик и параметров кинематических элементов приведен в приложении.

- Если принципиальная схема изделия содержит элементы, параметры которых уточняют при регулировании подбором, то на схеме эти параметры указывают на основе расчетных данных и делают надпись: "Параметры подбирают при регулировании".

- Если принципиальная схема содержит отсчетные, делительные и другие точные механизмы, и пары, то на схеме указывают данные об их кинематической точности: степень точности передачи, величины допускаемых относительных перемещений, поворотов, величины допускаемых мертвых ходов между основными ведущими и исполнительными элементами и т.п.

- На принципиальной схеме допускается указывать:

- а) предельные величины чисел оборотов валов кинематических цепей;

б) справочные и расчетные данные (в виде графиков, диаграмм, таблиц), представляющие последовательность процессов по времени и поясняющие связи между отдельными элементами.

Позиционные обозначения элементов

Кинематические схемы устанавливают состав механизмов и поясняют условия взаимодействия их элементов.

Кинематические схемы выполняют в виде развертки: все валы и оси условно считаются расположены в одной плоскости или в параллельных плоскостях.

Взаимное положение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов изделия (механизма). Допускается пояснять надписью положение исполнительных органов, для которых изображена схема. Если элемент при работе изделия меняет свое положение, то на схеме допускается показывать его крайние положения тонкими штрихпунктирными линиями.

На кинематической схеме элементам присваиваются номера в порядке передачи движения. Валы нумеруются римскими цифрами, остальные элементы – арабскими. Порядковый номер элемента указывают на полке линии-выноски, проводимой от него. Под полкой линии-выноски указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента (тип и характеристику двигателя, диаметры шкивов ременной передачи, модуль и число зубьев зубчатого колеса и др.) (рис.1.1).

Перечень элементов

На кинематических схемах изображают: валы, оси, стержни, шатуны, кривошипы сплошными основными линиями толщиной s ; элементы (зубчатые колеса, червяки, звездочки, шатуны, кулачки), показанные упрощенно внешними очертаниями, - сплошными линиями толщиной $s/2$; контур изделия, в который вписана схема, - сплошными тонкими линиями, толщиной $s/3$.

Кинематические связи между сопряженными звеньями пары, вычерченными отдельно, показывают штриховыми линиями толщиной $s/2$.

Каждый элемент, изображенный на схеме, снабжают цифровым или буквенно-цифровым обозначением. Эти обозначения заносят в перечень элементов, который выполняют в виде таблицы, располагаемой над основной надписью и заполняемой сверху вниз по форме (рис. 1.2).

Читать кинематическую схему начинают от двигателя, включающегося источником движения всех деталей механизма. Выявляя по условным обозначениям каждый элемент кинематической цепи, изображенный на схеме, устанавливают его назначение и характер передачи движения сопряженному элементу.

Перечень элементов в виде самостоятельного документа выпускают па листах формата А4, основную надпись для текстовых документов выполняют по ГОСТ 2.104-68 (форма 2 — для первого листа и 2а — для последующих). В графе 1 основной надписи (см. рис. 1.2) указывают наименование изделия, а под ним, шрифтом на один номер меньше, записывают «Перечень элементов». Код перечня элементов должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень, например, код перечня элементов к кинематической принципиальной схеме — ПКЗ.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Структурные схемы

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними. Функциональные части показывают в виде прямоугольников или условных графических обозначений.

Построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. На линиях взаимосвязей рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии.

При изображении функциональных частей в виде прямоугольников наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников.

При большом числе функциональных частей допускается взамен наименований, типов и обозначений проставлять порядковые номера справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо. В этом случае наименования, типы и обозначения указывают в таблице, помещаемой на поле схемы.

Допускается помещать на схеме поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках (токи, напряжения, математические зависимости и т.п.).

Функциональные схемы

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах. На схеме указывают позиционное обозначение и наименование; если изображение выполнено в виде условного графического обозначения, то наименование не указывают,

Рекомендуется указывать технические характеристики рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы, а также помещать поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках.

Принципиальные схемы

На принципиальной схеме изображают все кинематические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных кинематических процессов, все кинематические связи между ними, а также кинематические элементы (двигатель, вал и т.п.), которыми входят в состав изделия. Принципиальная схема, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений и чертежей; их используют для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле, ремонте. Поэтому кинематическая принципиальная схема должна быть максимально наглядной, удобной для чтения, отображать развитие рабочего процесса в изделии.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном состоянии. Элементы изделия на схеме вычерчивают в виде условных графических изображений, установленных в стандартах ЕСКД (см. раздел 3.3).

Линии связи (см. раздел 3.2) на принципиальной схеме носят условный характер и не являются изображением реальных проводов. Это позволяет располагать условные графические изображения элементов в соответствии с развитием рабочего процесса, а не в соответствии с действительным расположением этих элементов в изделии, и соединять их выводами кратчайшим путем.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия и изображенные на схеме. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов (см. раздел 3.5). При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения (см. раздел 3.4).

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Общие сведения о задании

Вычертить схему кинематическую, руководствуясь правилами оформления принципиальных схем, изложенными в настоящем руководстве. Пример выполнения представлен на рис. 1.5.

Исходным материалом служат варианты заданий (см. приложение 1,2).

Размеры условных графических обозначений выдерживать в соответствии со стандартами.

Позиции, данные в задании, заменить буквенно-цифровым позиционным обозначением (рис. 1.5).

Составить перечень элементов, правила оформления и порядок заполнения которого выдерживать по стандарту (рис. 1.5).

Схема выполняется на листе формата А4 с основной надписью по форме 1 (рис. 1.3).

В графе 1 под наименованием изделия (например — Триггер статический) указывается наименование документа (например — **Схема кинематическая принципиальная**), которое записывается шрифтом, меньшим, чем шрифт наименования изделия (см. рис. 1.3, 1.5).

В графе 2, кроме принятого обозначения документа (например— **РТ. 15. 01 ...**), записывается код документа **КЗ** — для кинематической принципиальной схемы (см. раздел 2, таблица и рис. 1.3, 1.4, 1.5).

Графа «Масштаб» **не заполняется**.

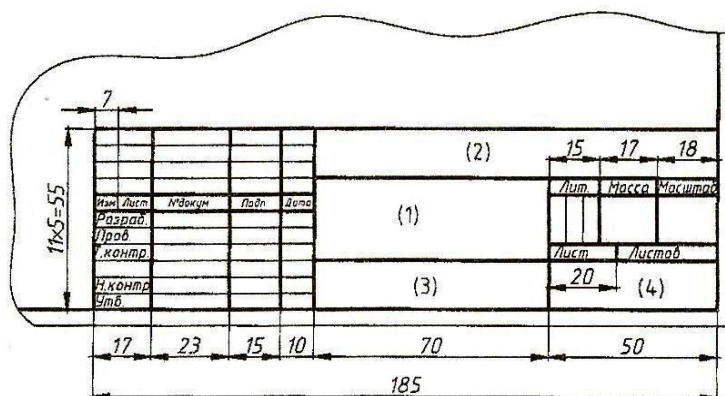


Рис. 1.3. Заполнение основной надписи схемы



Рис. 1.4. Обозначение шифра схемы

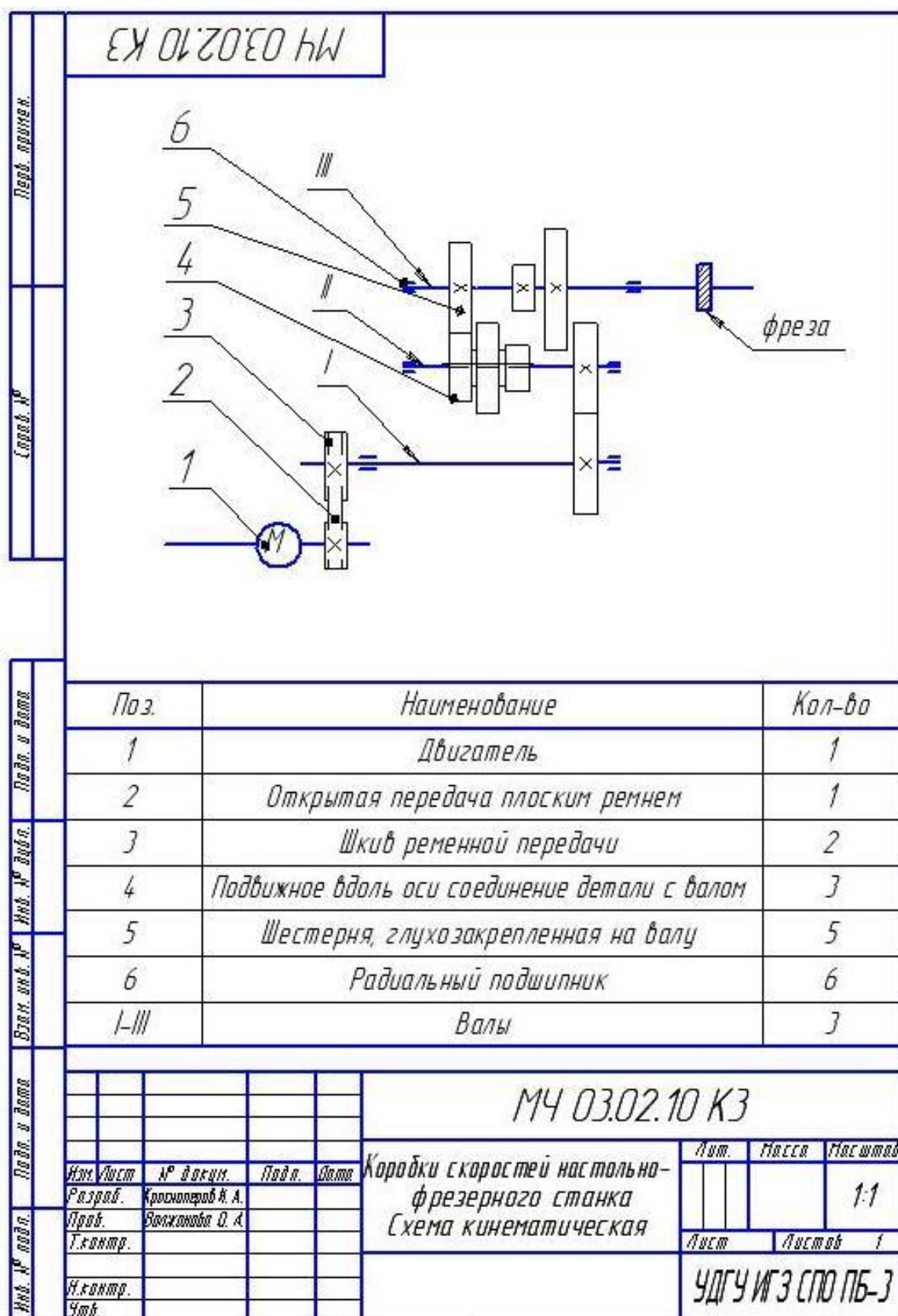
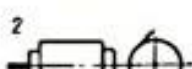
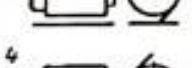
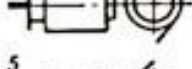
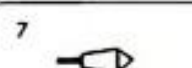
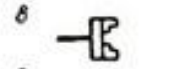
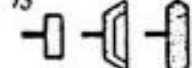
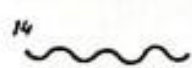
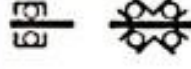
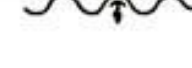
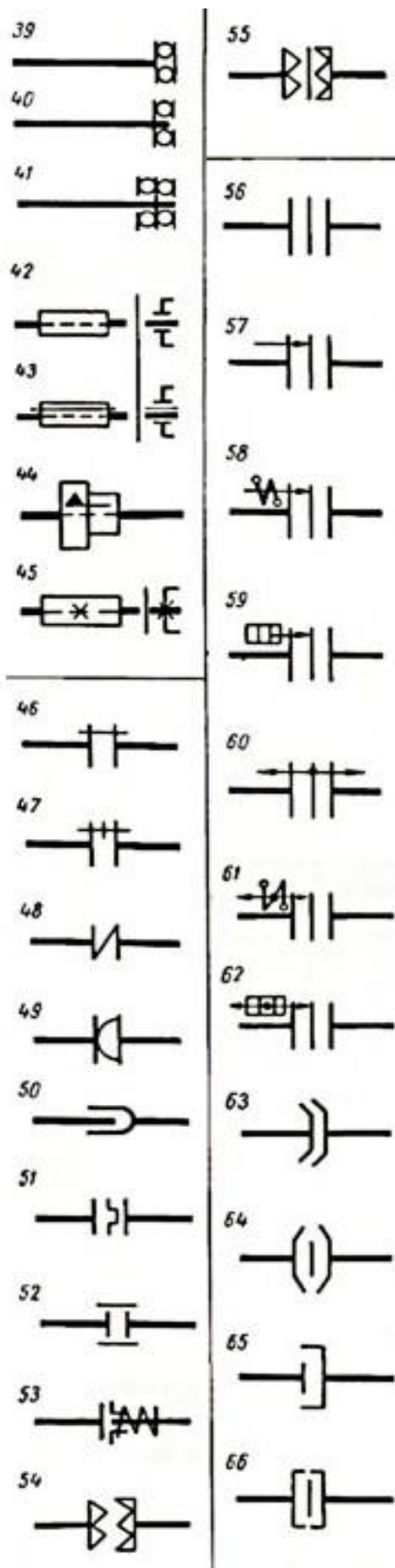


Рис. 1.5. Пример выполнения кинематической принципиальной схемы

Условные обозначения элементов кинематических схем

		1 — общее обозначение двигателя без уточнения типа;
		2 — общее обозначение электродвигателя*;
		3 — электродвигатель па лапах;
		4 — электродвигатель фланцевый;
		5 — электродвигатель встроенный;
		6 — вал, ось, стержень, шатун и т. п.;
		7 — конец шпинделя для центровых работ;
		8 — конец шпинделя для патронных работ;
		— конец шпиндели для работ с цанговым патроном;
		10 — конец шпинделя для сверлильных работ;
		11 — конец шпинделя для расточных работ с планшайбой;
		12 — конец шпинделя для фрезерных работ;
		13 — конец шпинделя для кругло-, плоско- и резьбошлифовальных работ;
		14 — холостой винт для передачи движения;
		15 — неразъемная маточная гайка скольжения;
		16 — неразъемная маточная гайка с шариками;
		17 — разъемная маточная гайка скольжения;
		18 — радиальный подшипник без уточнения типа;
		19 — радиально-упорный односторонний подшипник без уточнения типа;
		20 — радиально-упорный двусторонний подшипник без уточнения типа;
		21 — упорный односторонний подшипник без уточнения типа;
		22 — упорный двусторонний подшипник без уточнения типа;
		23 — радиальный подшипник скольжения;
		24 — радиальный самоустанавливающийся подшипник скольжения;
		25 — радиально-упорный односторонний подшипник скольжения;
		26 — радиально-упорный двусторонний подшипник скольжения;
		27 и 28 — упорные односторонние подшипники скольжения;
		29 и 30 — упорные двусторонние подшипники скольжения;
		31 — радиальный подшипник качения (общее обозначение);
		32 — радиальный роликовый подшипник;
		33 — радиальный самоустанавливающийся подшипник качения;
		34 и 35 — радиально-упорные односторонние подшипники качения;
		36 и 37 — радиально-упорные двусторонние подшипники качения;



38 — радиально-упорный роликовый односторонний подшипник;

39 и 40 — упорные односторонние подшипники качения;

41 — упорный двусторонний подшипник качения;

42 — свободное для вращения соединение детали с валом;

43 — подвижное вдоль оси соединение детали с валом;

44 — соединение детали с валом посредством вытяжной шпонки;

45 — глухое, неподвижное соединение детали с валом;

46 — глухое жесткое соединение двух соосных валов;

47 — глухое соединение валов с предохранением от перегрузки;

48 — эластичное соединение двух соосных валов;

50 — телескопическое соединение валов;

51 — соединение двух валов посредством плавающей муфты;

52 — соединение двух валов посредством зубчатой муфты;

53 — соединение двух валов предохранительной муфтой;

54 — кулачковая односторонняя муфта сцепления;

55 — кулачковая двусторонняя муфта сцепления;

56 — фрикционная муфта сцепления (без уточнения вида и типа);

57 — фрикционная односторонняя муфта (общее обозначение);

58 — фрикционная односторонняя электромагнитная муфта;

59 — фрикционная односторонняя гидравлическая или пневматическая муфта (общее обозначение);

60 — фрикционная двусторонняя муфта (общее обозначение);

61 — фрикционная двусторонняя электромагнитная муфта;

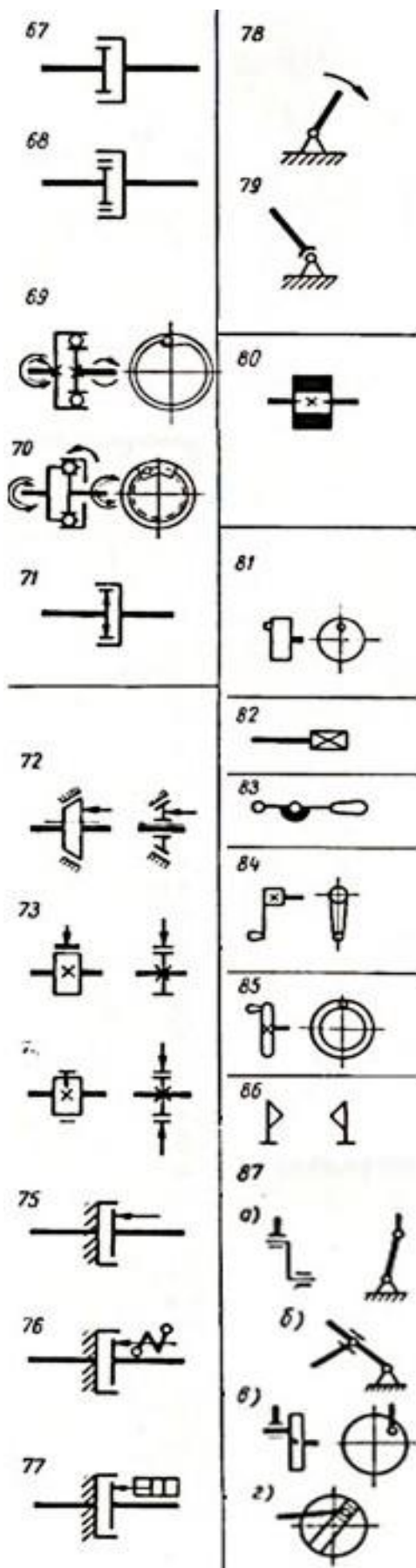
62 — фрикционная двусторонняя гидравлическая или пневматическая муфта (общее обозначение);

63 — фрикционная конусная односторонняя муфта;

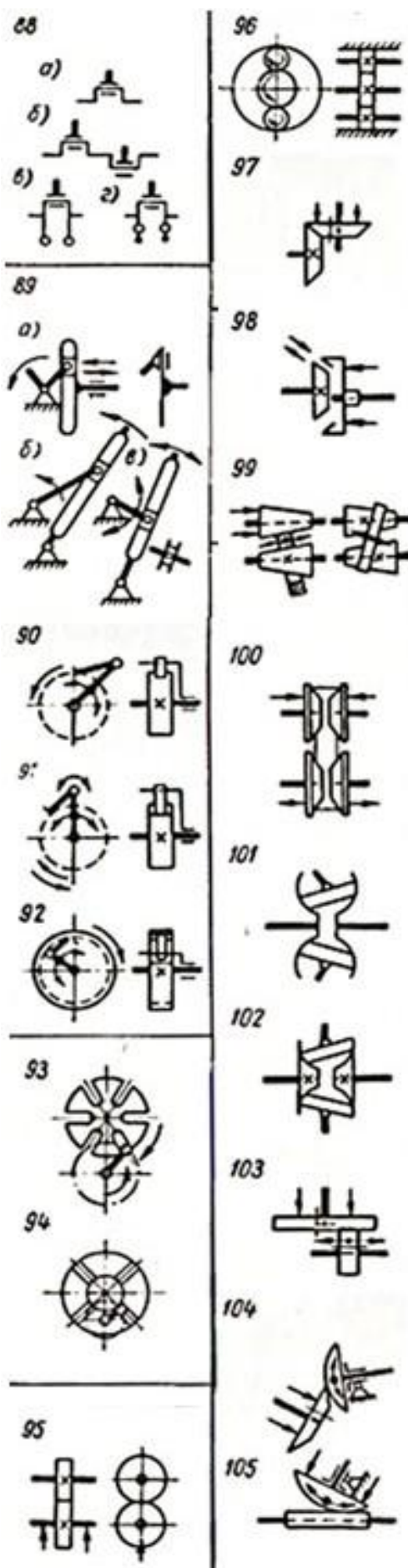
64 — фрикционная конусная двусторонняя муфта;

65 — фрикционная дисковая односторонняя муфта;

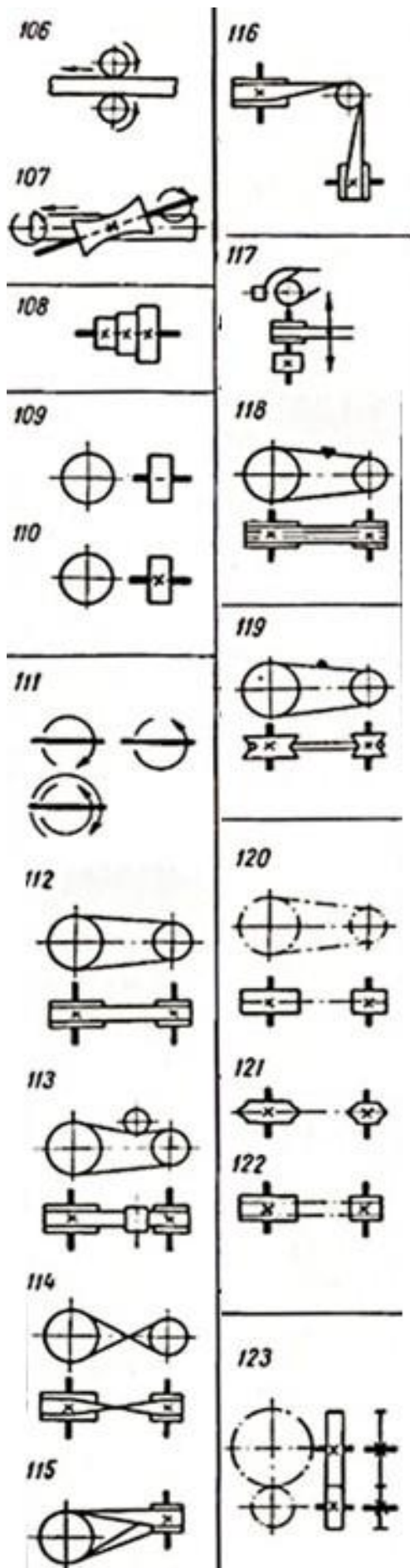
66 — фрикционная дисковая двухсторонняя муфта;



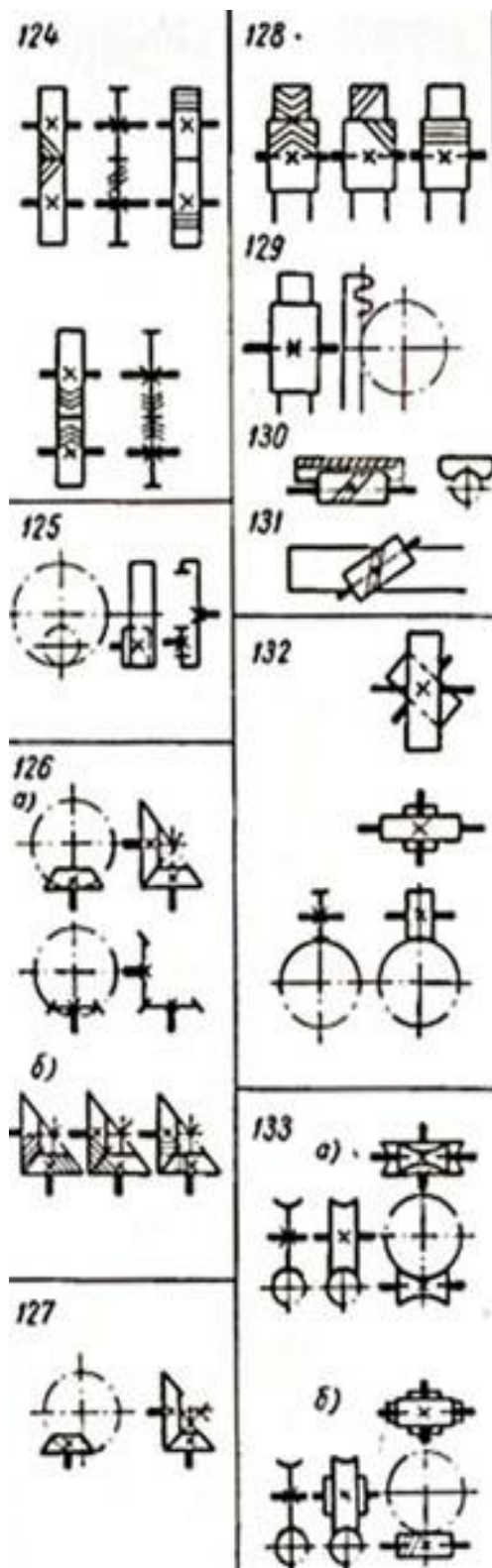
- 67 — фрикционная муфта с колодками;
 68 — фрикционная муфта с разжимным кольцом;
 69 — самовыключающая односторонняя муфта обгона;
 70 — самовыключающая двусторонняя муфта обгона;
 71 — самовыключающая центробежная муфта;
 72 — тормоз конусный;
 73 — тормоз колодочный;
 74 — тормоз ленточный;
 75 — тормоз дисковый;
 76 — тормоз дисковый электромагнитный;
 77 — тормоз дисковый гидравлический или пневматический;
 78 — шарнирное соединение стержня с неподвижной опорой с движением только в плоскости чертежа;
 79 — соединение стержня с опорой шаровым шарниром;
 80 — маховик, жестко установленный на валу;
 81 — эксцентрик, установленный на конце вала;
 82 — конец вала под съемную рукоятку;
 83 — рычаг переключения;
 84 — рукоятка, закрепленная на конце вала;
 85 — маховичок, закрепленный на конце вала;
 86 — передвигающиеся упоры;
 87а и 87в — шарнирное соединение кривошипа постоянного радиуса с шатуном;
 87б и 87г — шарнирное соединение кривошипа переменного радиуса с шатуном;



- 88а — шарнирное соединение одноколенного вала с шатуном;
 88б — шарнирное соединение многоколенного вала с шатуном;
 88в — коленвал с жестким противовесом;
 88г — коленвал с маятниковым противовесом;
 89а — кривошипно-кулисный механизм с поступательно движущейся кулисой;
 89б — кривошипно-кулисный механизм с вращающейся кулисой;
 89в — кривошипно-кулисный механизм с качающейся кулисой;
 90 — односторонний храповой зубчатый механизм с наружным зацеплением;
 91 — двусторонний храповой зубчатый механизм с наружным зацеплением;
 92 — односторонний храповой зубчатый механизм с внутренним зацеплением;
 93 — мальтийский механизм с радиальным расположением пазов с наружным зацеплением;
 94 — мальтийский механизм с радиальным расположением пазов с внутренним зацеплением;
 95 — фрикционная передача с цилиндрическими роликами наружного зацепления (контакта);
 96 — фрикционная передача с цилиндрическими роликами внутреннего зацепления (контакта);
 97 — фрикционная передача с коническими роликами наружного зацепления;
 98 — регулируемая фрикционная передача с коническими роликами внутреннего зацепления;
 99 — регулируемая фрикционная передача с коническими шкивами и промежуточным кольцом;
 100 — регулируемая фрикционная передача с подвижными коническими шкивами и клиновым ремнем;
 101 — регулируемая фрикционная передача с тороидными шкивами и поворотными сферическими роликами;
 102 — регулируемая фрикционная передача с полутороидными шкивами (типа Светозарова);
 103 — регулируемая торцовая фрикционная передача;
 104 — регулируемая фрикционная передача со сферическими и коническими роликами;
 105 — регулируемая фрикционная передача со сферическими и цилиндрическими роликами;



- 106 — фрикционная передача с цилиндрическими ро-
 ликами;
 107 — фрикционная передача с гиперболоидными ро-
 ликами;
 108 — шкив ступенчатый, закрепленный на валу;
 109 — шкив холостой на валу;
 110 — шкив рабочий, закрепленный на валу;
 111 — указатели вращения вала соответственно: по
 часовой стрелке, против часовой стрелки и в обе сто-
 роны;
 112 — открытая передача плоским ремнем;
 113 — открытая передача плоским ремнем с натяж-
 ным роликом;
 114 — перекрестная передача плоским ремнем;
 115 — полуперекрестная передача плоским ремнем;
 116 — угловая передача плоским ремнем;
 117 — отводка ремня плоскоременной передачи;
 118 — передача клиновидными (текстропными) рем-
 нями;
 119 — передача круглым ремнем или шнуром;
 120 — общее обозначение цепной передачи без уточ-
 нения типа;
 121 — роликовая цепная передача;
 122 — бесшумная (зубчатая) цепная передача;
 123 — цилиндрическая зубчатая передача с внешним
 зацеплением (общее обозначение);



124 — цилиндрическая зубчатая передача с внешним зацеплением между параллельными валами, соответственно с косыми, прямыми и шевронными зубьями;

125 — цилиндрическая зубчатая передача с внутренним зацеплением между параллельными валами (общее обозначение);

126а — коническая зубчатая передача между пересекающимися валами (общее обозначение без уточнения типа);

126б — коническая зубчатая передача соответственно с прямыми, спиральными и круговыми зубьями;

127 — коническая гипоидная зубчатая передача;

128 — зубчатая реечная передача, соответственно с шевронными, косыми и прямыми зубьями;

129 — общее обозначение зубчатой реечной передачи;

130 — реечная передача с червячной рейкой и червяком;

131 — реечная передача с зубчатой рейкой и червяком;

132 — винтовая зубчатая передача соответственно под прямым или острым углом;

133а — червячная глобоидная передача;

133б — червячная-передача с цилиндрическим червяком.

* - В случае если на схеме присутствует двигатель и генератор к вышеуказанному обозначению соответственно добавляют букву М или Г.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2 – «ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОДВИЖНОСТИ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Машина – это устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации с целью замены или облегчения физического, или умственного труда человека.

Технологические машины изменяют форму, размеры, свойства или состояние исходных материалов и заготовок (например, кузнечно-прессовое оборудование, металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки, литейное оборудование, камнедробилки, мельницы, бетономешалки, прокатные станы, дробеструйные установки и т.п.).

Транспортные машины изменяют положение материалов (различных грузов) в пространстве (например, конвейеры, краны, автомашины, тепловозы, вертолеты, самолеты, корабли и т.п.). **Энергетические машины** преобразуют один вид энергии в другой (электрические двигатели, двигатели внутреннего сгорания, генераторы). **Информационные машины** преобразуют вводимую информацию для контроля, регулирования и управления движением.

Машина может иметь один или несколько механизмов. **Механизм** – это искусственная система тел, предназначенная для преобразования заданного движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел. По геометрическим и конструктивным признакам различают следующие механизмы: рычажные; зубчатые; фрикционные с гибкими звеньями; с упругими звеньями; с переменной структурой; с остановками выходного звена; комбинированные; гидравлические; пневматические; с электромагнитными элементами; с электронными элементами.

Машина и механизм состоят из множества деталей. Например, в современном самолете примерно три миллиона деталей. **Деталь** – это элементарная часть механизма или машины, изготовленная из однородного материала без применения операций сборки. Примеры деталей: болт, гайка, шайба, заклепка, шпонка, штифт, ось, вал, колесо зубчатое, шкив ременной передачи, звездочка цепной передачи и др.

Звено – это деталь или совокупность деталей, не имеющих относительного движения при работе. Например, колесо автомобиля является звеном: оно состоит из различных деталей, которые при движении автомобиля не имеют относительного движения (камера, крышка, детали диска и др.). Одно из звеньев считают неподвижным и называют **стойкой**. Стойка неподвижна относительно поверхности земли или пола цеха у стационарных машин, например, станина у металлорежущего станка, молота, прессы. Стойка считается условно неподвижной для мобильных машин, например, рама гусеничного крана, пожарного автомобиля, трактора, робота для разминирования

ния, фюзеляж самолета, корпус корабля. Остальные звенья механизма являются подвижными.

В зависимости от вида движения звеньев приняты их названия. **Кривошип** – звено, совершающее вращательное движение и поворачивающееся на полный оборот. **Коромысло** – звено, совершающее колебательное (качательное) движение. **Шатун** – звено, совершающее сложное плоскопараллельное движение. **Ползун** – звено, совершающее возвратно-поступательное движение. **Кулиса** – подвижное звено, являющееся направляющей для движения ползуна.

На начальной стадии проектирования механизма или машины при выборе концепции проектирования составляется кинематическая схема механизма. Пользуясь результатами синтеза механизма, на этапе технического предложения принимают окончательный вариант кинематической схемы.

Кинематическая схема механизма – это схема механизма, выполненная в масштабе длин с помощью условных обозначений. Звенья на кинематических схемах изображаются, как правило, отрезками прямых и нумеруются арабскими цифрами. Механизм представляет собой кинематическую цепь, в которой при заданном движении одного или нескольких звеньев все остальные звенья совершают однозначно определяемые движения.

Кинематические схемы механизмов необходимы для исследования движения звеньев. Используя кинематические схемы механизмов, строят планы скоростей и планы ускорений точек звеньев, выводят аналитические выражения для вычисления линейных или угловых перемещений звеньев, строят кинематические диаграммы и траектории движения точек звеньев. Кинематические схемы используются при силовом расчете механизмов, при исследовании механизмов на точность их работы.

Кинематическая пара – это подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев. На схемах кинематические пары обозначаются заглавными буквами латинского алфавита.

Плоские механизмы – это механизмы, движение точек звеньев которых осуществляется в одной плоскости или в параллельных плоскостях.

Пространственные механизмы – это механизмы, движение точек звеньев которых осуществляется в пересекающихся плоскостях. Наиболее распространены плоские механизмы.

Изображение кинематических пар плоских механизмов показано на рис.2.1. Примеры жесткого соединения элементов одного и того же звена показаны на рис. 2.2.

Низшие кинематические пары – это кинематические пары, в которых звенья соприкасаются по поверхности (рис. 2.1, а, б).

Высшие кинематические пары – это кинематические пары, в которых звенья соприкасаются по линии или в точке (рис. 2.1, в).

На кинематических схемах показывают направление вращения входного звена.

Входное звено – это звено, которому сообщают движение, преобразуемое механизмом в требуемое движение других звеньев, называемых **выходными**.

По своим функциям звенья могут быть также ведущими и ведомыми. **Ведущим** называют звено, если мощность приложенных к нему сил положительна. **Ведомым** называют звено, если мощность приложенных к нему сил отрицательна. В конкретных механизмах входное звено может быть ведущим или ведомым на отдельных этапах движения в зависимости от приложенных сил и моментов сил.

Схемы наиболее распространенных плоских механизмов показаны на рис. 2.3. Примеры схем пространственных механизмов показаны на рис. 2.4.

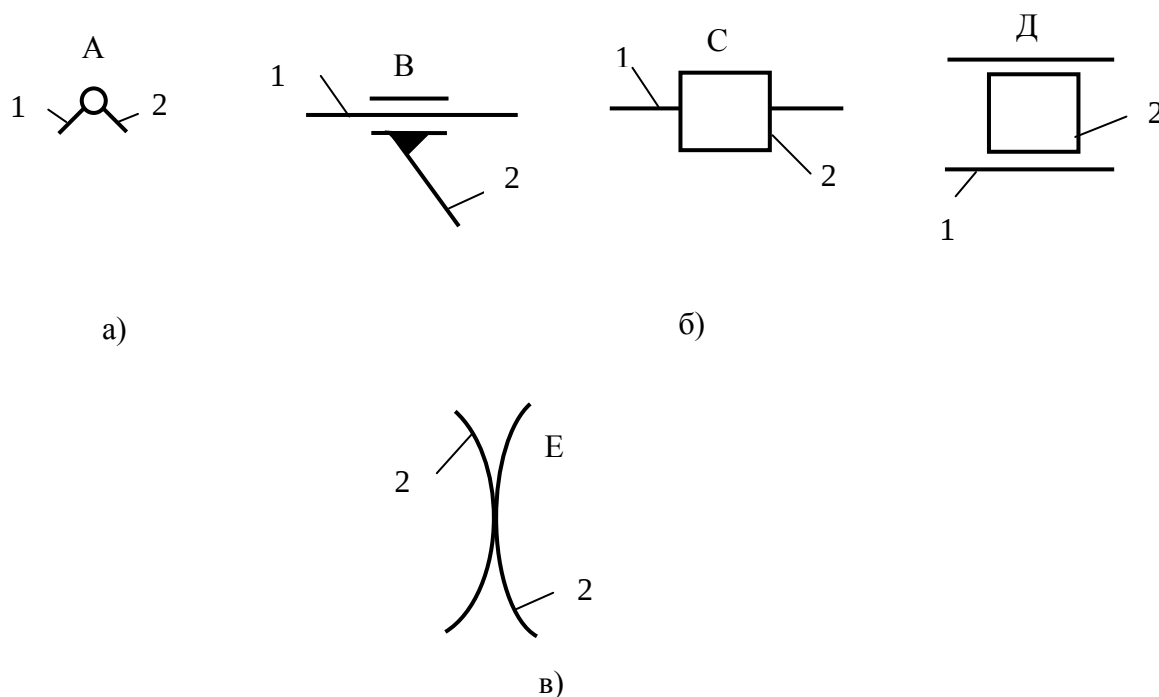


Рис. 2.1. Изображение кинематических пар плоских механизмов: а) вращательная пара – шарнир А (низшая); б) пары поступательные В, С и D (низшие); в) высшая пара Е

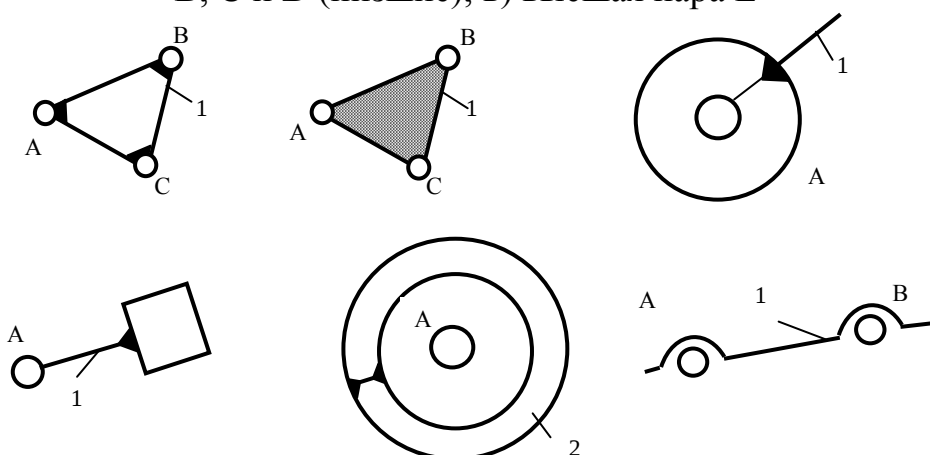


Рис. 2.2. Жесткие соединения элементов звена на схеме механизм

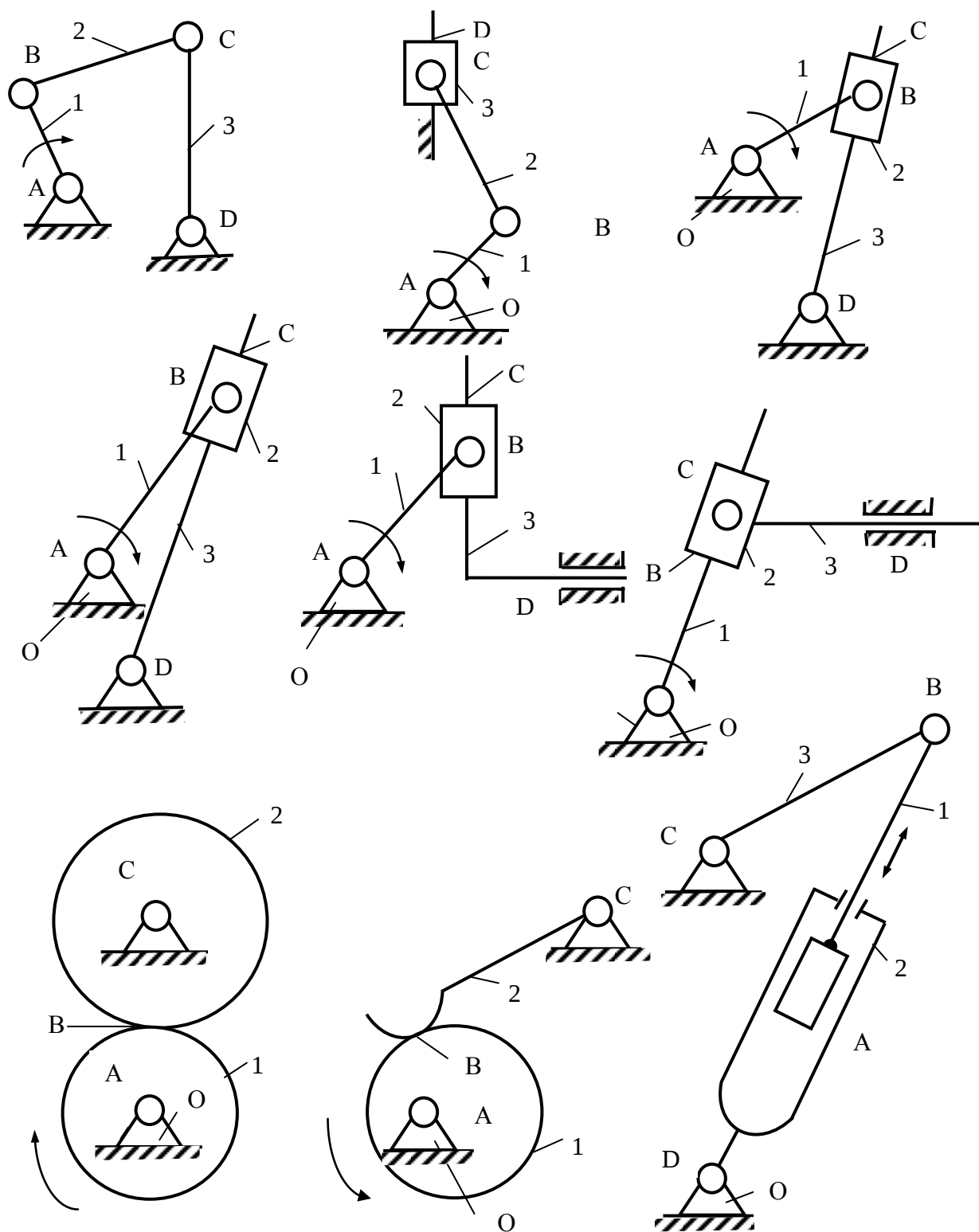


Рис. 2.3 Схемы плоских механизмов: а) кривошипно-коромыслового; б) кривошипно-ползунного; в) кулисного с качающейся кулисой; г) кулисного с вращающейся кулисой; д) синусного; е) тангенсного; ж) трехзвенного зубчатого цилиндрического; з) кулачкового-коромыслового; и) кулисного с ведущим поршнем на шатуне

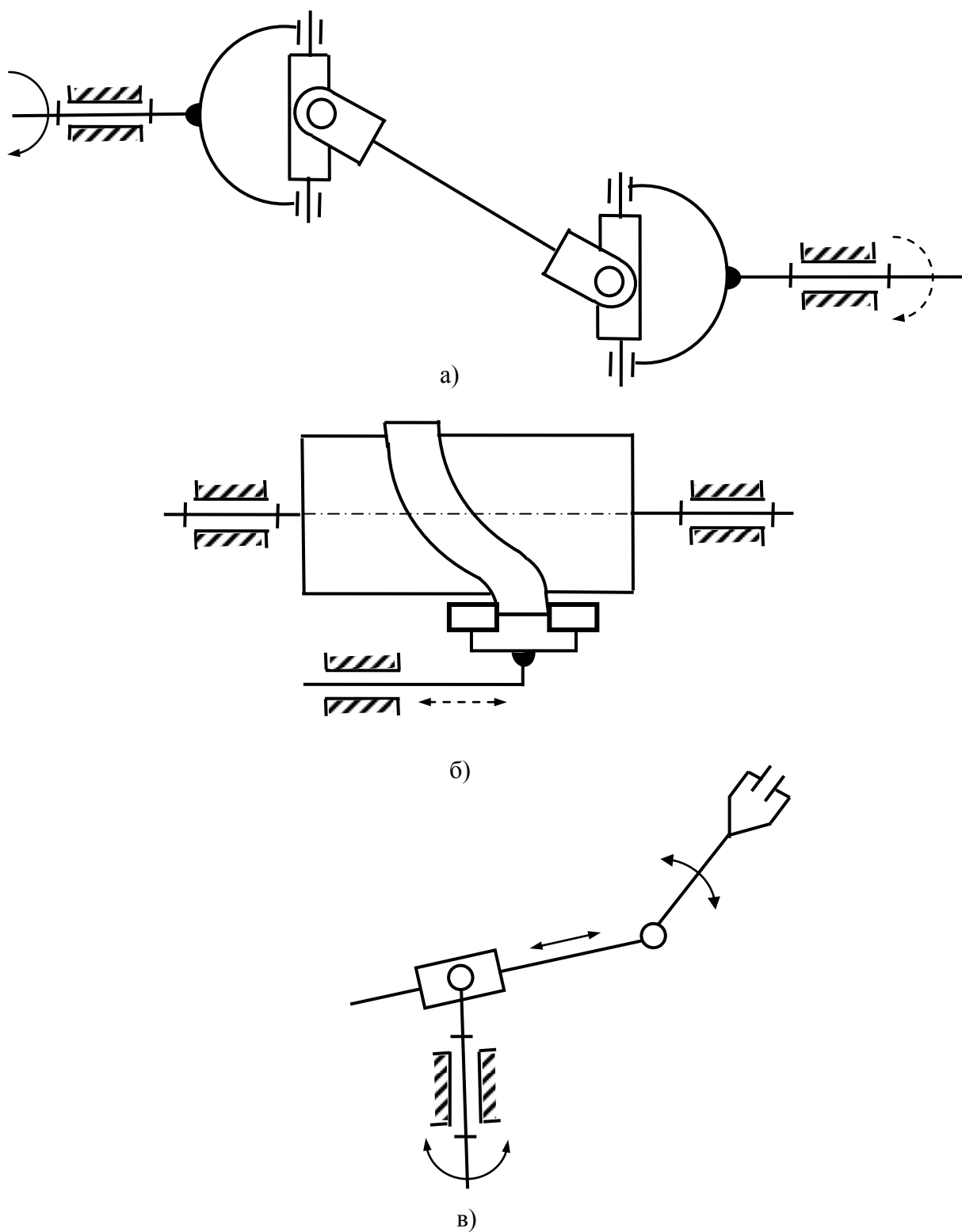


Рис. 2.4 Схемы пространственных механизмов:
а) механизма двойного универсального шарнира (карданова шарнира);
б) кулачкового механизма; в) манипулятора

Все необходимые размеры звеньев механизма откладывают в некотором выбранном масштабе длин (м/мм), который означает, что один миллиметр звена на схеме соответствует μ_l метрам натуры.

Например, масштаб $\mu_l = 0,001$ м/мм означает, что один миллиметр звена на кинематической схеме механизма соответствует 0,001 м натуры, или одному миллиметру натуры. То есть этот масштаб соответствует стандартному чертежному масштабу М 1: 1.

Степень подвижности механизма – это степень свободы его кинематической цепи относительно стойки. Степень подвижности показывает, какое число ведущих звеньев должен иметь механизм для того, чтобы движение остальных звеньев механизма было бы однозначно определяемым. Формула для определения степени подвижности плоского механизма была впервые выведена П.Л.Чебышевым в 1869 году и носит название формулы Чебышева.

Ее можно представить в виде

$$W = 3n - 2p_H - p_B, \quad (2.1)$$

где W - степень подвижности механизма; n - количество подвижных звеньев; p_H - количество низших кинематических пар механизма, p_B - количество высших кинематических пар механизма.

При рассмотрении схем механизмов и подсчете количества кинематических пар следует иметь в виду, что иногда на схеме две кинематические пары бывают совмещены. Например, на рис. 2.5, а изображено шарнирное соединение трех рычагов: 1, 2 и 3.

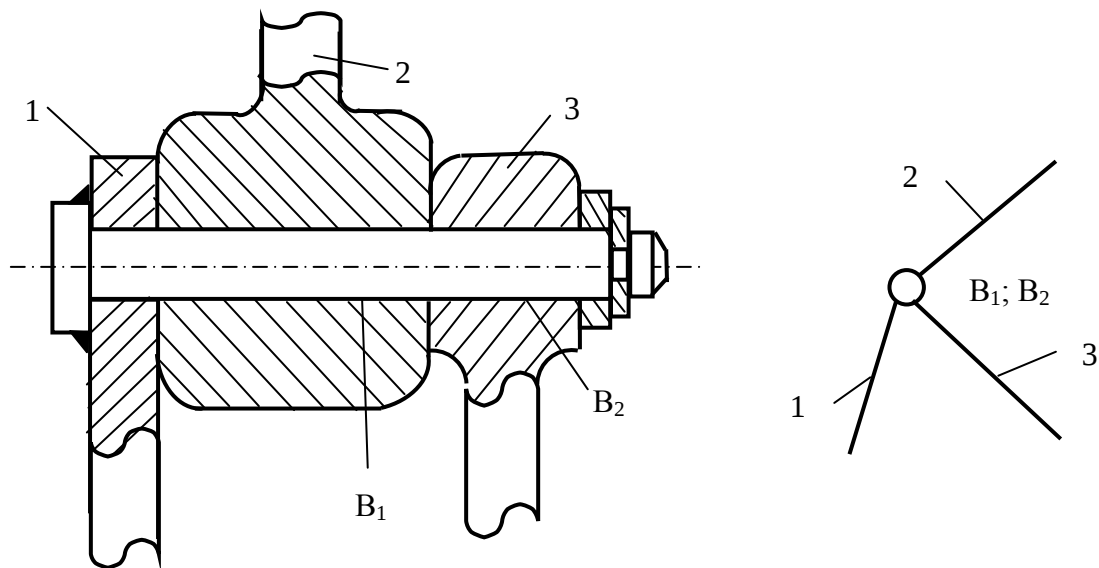


Рис. 2.5. Изображение шарнирного соединения трех звеньев:
а) на чертеже; б) на кинематической схеме механизма

Подвижное соединение рычагов 1 и 2 обозначено B_1 , а подвижное соединение рычагов 1 и 3 обозначено B_2 . На кинематической схеме механизма кинематические пары B_1 и B_2 совпадают (рис. 2.4,б).

У плоских механизмов все поступательные и вращательные кинематические пары являются низшими парами; в этих парах звенья контактируют по поверхности (плоской или цилиндрической). Высшие пары в плоских механизмах - это пары, в которых звенья контактируют по линии или в точке. Это, например, соединения зубьев зубчатых колес, соединения кулачков и толкателей.

ЗАДАНИЕ

Построить кинематическую схему и определить степень подвижности плоского механизма, демонстрационную модель которого студент получает от преподавателя на практическом занятии. Написать название каждого звена механизма в зависимости от вида движения этого звена.

Определить также степень подвижности плоского механизма, кинематическая схема которого дана на рис.2.6 (прил.3). Номер схемы студенту выдает преподаватель (Варианты заданий см. в прил.3).

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Измерить в метрах те длины звеньев заданной модели механизма, которые необходимы для построения схемы этого механизма в масштабе. Длины измерять между центрами кинематических пар.

2. Выбрать масштаб μ_l (м/мм) кинематической схемы и определить длины звеньев в миллиметрах, которые необходимо откладывать на схеме в этом масштабе. Под схему использовать всю страницу тетради.

3. Изобразить неподвижные элементы кинематических пар, то есть элементы, принадлежащие стойке.

4. Изобразить ведущее {входное} звено, входящее в кинематическую пару со стойкой. На демонстрационной модели именно это звено приводится в движение от рукоятки. Этому звену необходимо присвоить номер 1, а стойке номер 0. Положение ведущего звена выбрать произвольно, но оно должно быть таким, чтобы положение остальных звеньев не создавало затруднений при рассмотрении построенной схемы. Если это возможно, то необходимо показывать ведущее звено в таком положении, чтобы отсутствовало пересечение или наложение друг на друга линий остальных звеньев. Показать на схеме направление движения ведущего звена.

5. Используя метод засечек, показать на схеме положение остальных звеньев механизма, присвоив каждому номер. Обозначить на схеме заглавными буквами латинского алфавита все кинематические пары.

6. Написать название каждого звена механизма, учитывая вид движения этого звена.

7. Изобразить заданную на рис.2.6 схему плоского механизма. Обозначить на схеме номера всех звеньев и обозначить буквами все кинематические пары механизма.

8. Вычислить степень подвижности обоих механизмов по формуле П.Л.Чебышева (2.1).

ПРИМЕР:

Задание: Построить кинематическую схему шестизвенного плоского кулисного механизма (рис. 2.7, а), определить степень подвижности этого механизма и зубчато-рычажного механизма поршневой машины (рис.2.8).

Решение:

1. Устанавливаем за рукоятку подвижные элементы модели в положение, для которого будет строиться кинематическая схема (рис. 2.7, а).

2. Измеряем постоянные истинные длины звеньев, необходимые для построения кинематической схемы механизма:

$$\ell_{AE} = 0,1\text{м}; \quad \ell_{AB} = 0,08\text{м}; \quad \ell_{DF} = 0,22\text{м}; \quad \ell_{DE} = 0,05\text{м}.$$

Принимаем на схеме $AE=25\text{мм}$. Тогда масштаб кинематической схемы механизма будет

$$\mu_\ell = \ell_{AE} / AE = 0,1 / 25 = 0,004\text{м} / \text{мм}.$$

Длины других звеньев в этом масштабе:

$$AB = \ell_{AB} / \mu_\ell = 0,08 / 0,004 = 20\text{мм};$$

$$DE = \ell_{DE} / \mu_\ell = 0,05 / 0,004 = 12,5\text{мм}; \quad DF = \ell_{DF} / \mu_\ell = 0,22 / 0,004 = 55\text{мм}.$$

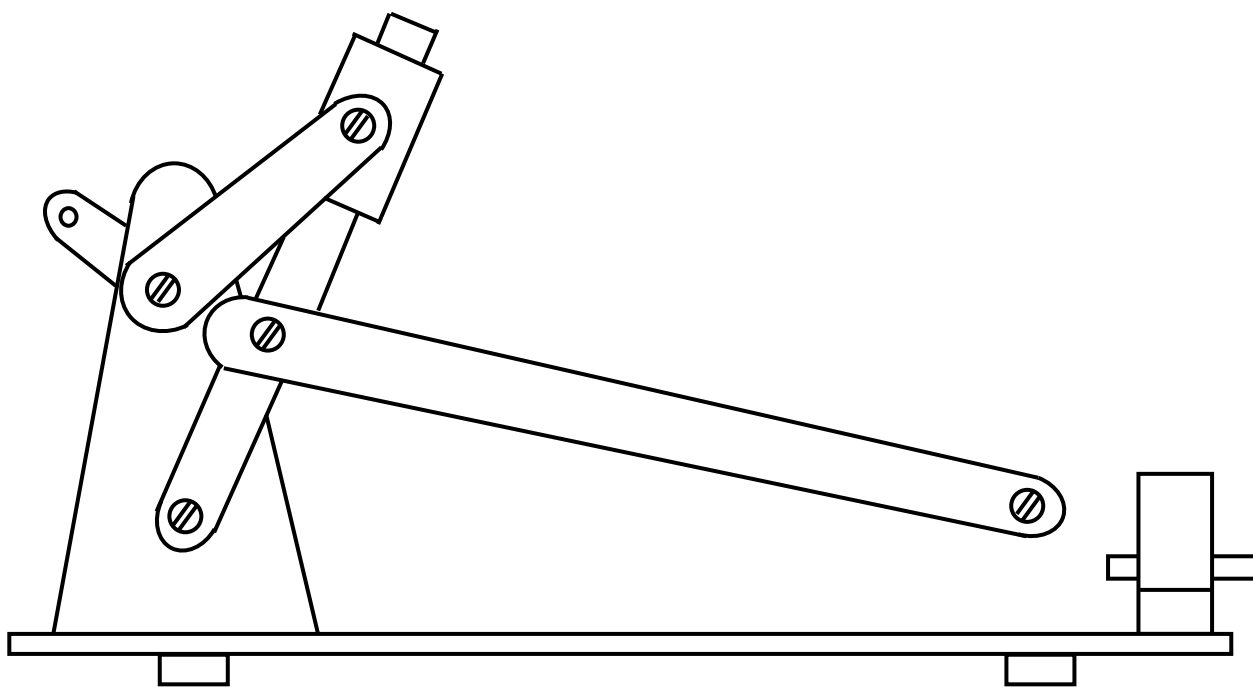
3. Начинаем построение кинематической схемы механизма. Вначале на вертикали откладываем принятое расстояние AE между элементами стойки 0 (рис. 2.7, б).

4. Выбираем произвольно положение ведущего звена AB и изображаем его в масштабе.

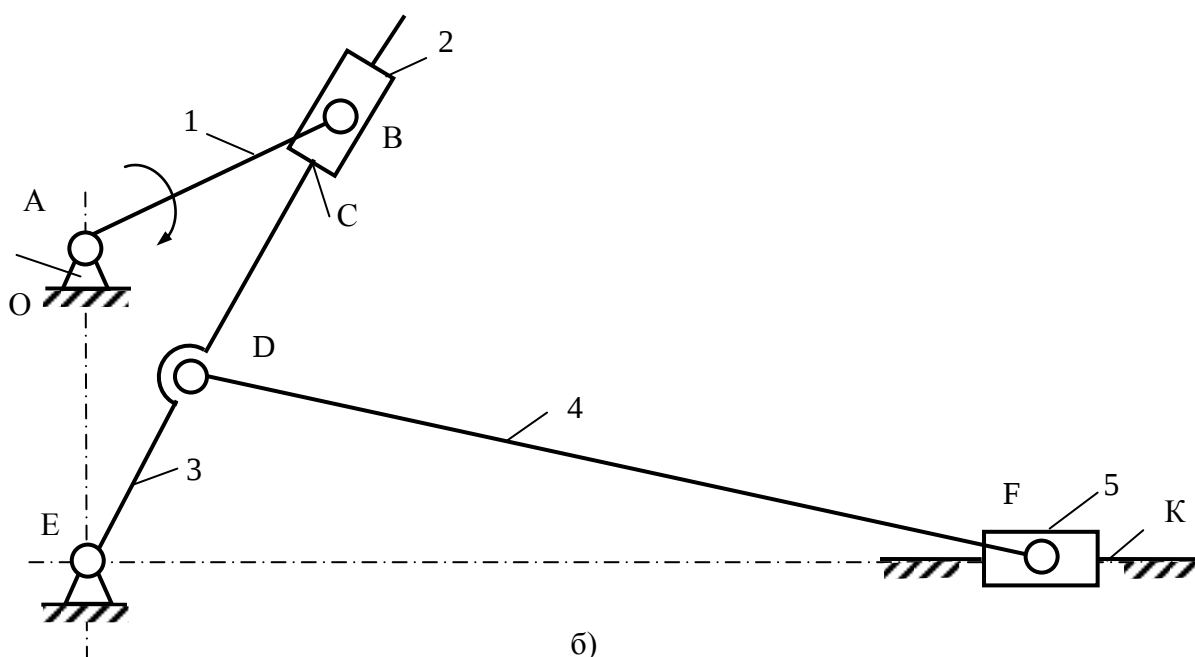
5. Проводим прямую звена EC , изображаем ползун 2. Откладывая расстояние ED , получаем положение шарнира D . Положение точки F находим, используя метод засечек: через точку E проводим горизонталь, затем, устанавливая ножку циркуля в точку D , проводим дугу радиусом DF до пересечения ее с этой горизонталью. На схеме обозначаем номера всех звеньев и все кинематические пары буквами.

6. Устанавливаем названия всех звеньев механизма: 0 - стойка, 1 - кривошип, 2 - ползун, 3 - кулиса, 4 - шатун, 5 - ползун.

7. На заданной кинематической схеме механизма (рис. 2.8) показываем номера всех звеньев и обозначаем заглавными буквами латинского алфавита все кинематические пары.



а)



б)

Рис. 2.7. Шестизвенный плоский кулисный механизм:
а) демонстрационная модель механизма; б) кинематическая схема механизма

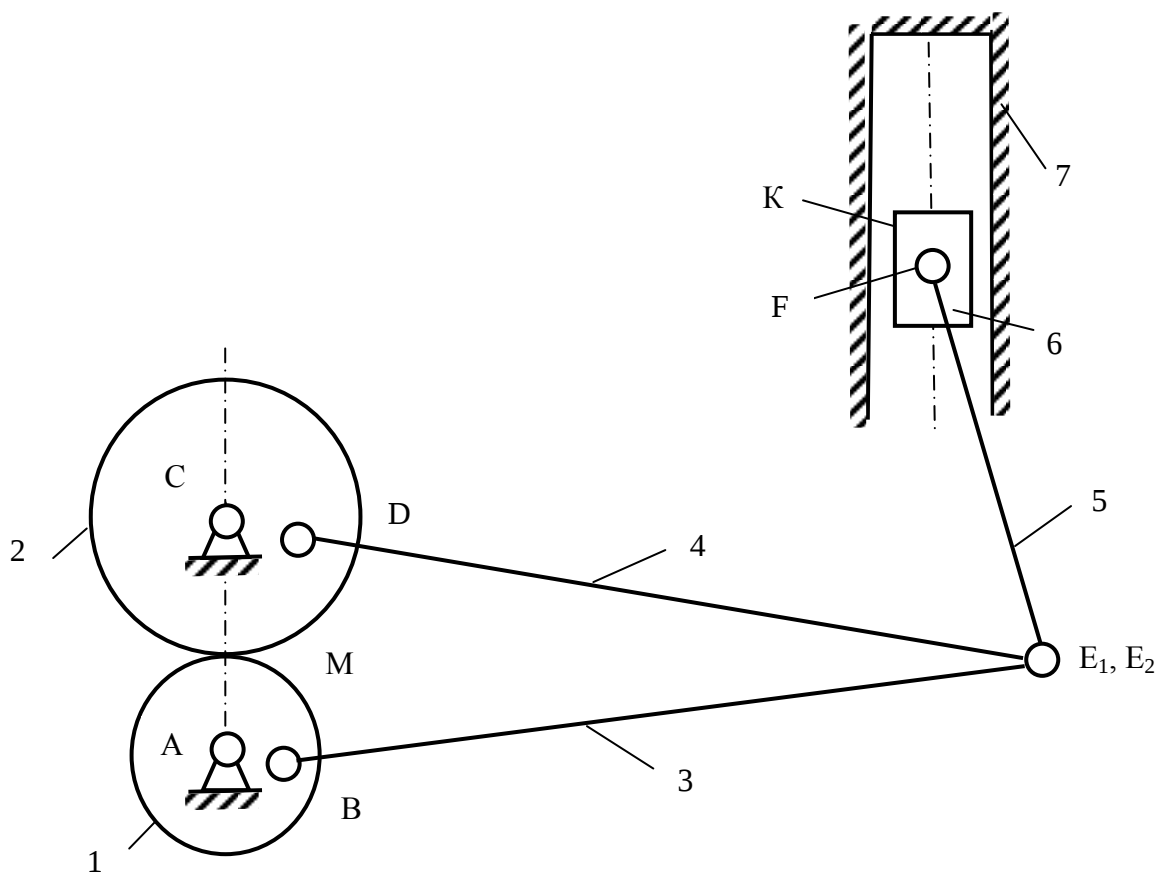


Рис. 2.8. Кинематическая схема заданного зубчато-рычажного механизма поршневой машины

8. Вычисляем степень подвижности обоих механизмов по (2.1):

а) для механизма на рис. 2.7,б: полное количество звеньев $K = 6$. Число подвижных звеньев механизма $n = k - 1 = 6 - 1 = 5$. Число низших кинематических пар механизма $p_n = 7(A, B, C, D, E, F, K)$. Число высших кинематических пар механизма $p_B = 0$. Степень подвижности механизма по (2.1):

$$W = 3n - 2p_n - p_B = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1.$$

Механизм должен иметь одно ведущее звено для того, чтобы движение остальных его подвижных звеньев было однозначно определяемым;

б) для механизма на рис. 2.8: полное количество звеньев $K = 7$. Число подвижных звеньев механизма $n = k - 1 = 7 - 1 = 6$. Число низших кинематических пар механизма $p_n = 8(A, B, C, D, E_1, E_2, F, K)$. Число высших кинематических пар механизма $p_B = 1(M)$. Степень подвижности механизма по (2.1):

$$W = 3n - 2p_n - p_B = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 - 1 = 1.$$

Механизм должен иметь одно ведущее звено для того, чтобы движение остальных его подвижных звеньев было однозначно определяемым.

ВОПРОСЫ

1. Что называют машиной?
2. Что называют механизмом?
3. Какие Вы можете привести примеры машин и механизмов?
4. На какие группы разбивают машины по их назначению?
5. Что называют деталью машины или механизма?
6. Что называют звеном механизма?
7. Какие Вам известны названия звеньев механизма в зависимости от вида их движения?
8. Что называют кинематической парой?
9. Какие кинематические пары называют низшими?
10. Какие кинематические пары называют высшими?
11. Какие Вы можете привести примеры высших и низших кинематических пар?
12. Какое звено называют ведущим?
13. Какое звено называют ведомым?
14. Какое звено называют входным?
15. Какое звено называют выходным?
16. Какие механизмы называют плоскими и какие пространственными?
17. Что называют кинематической схемой механизма?
18. Как на кинематических схемах механизмов изображают кинематические пары и звенья?
19. Какие схемы наиболее распространенных механизмов Вы можете изобразить?
20. Что означает масштаб длин кинематической схемы механизма и какую он имеет размерность?
21. С какой целью строится кинематическая схема механизма? Где она используется?
22. Как называют неподвижное звено механизма и как на кинематических схемах его изображают?
23. Что называют степенью подвижности механизма?
24. Какой вид имеет формула П.Л.Чебышева для определения степени подвижности механизма?
25. Степень подвижности каких механизмов можно вычислять по формуле П.Л.Чебышева?
26. С какой целью вычисляют степень подвижности механизма?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 – «КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Передаточное отношение – это отношение угловых скоростей звеньев.

$$u_{12} = \varpi_1 / \varpi_2; \quad (3.1)$$

$$u_{21} = \varpi_2 / \varpi_1. \quad (3.2)$$

Цифровые индексы в обозначении передаточного отношения показывают, от какого звена к какому звену рассматривается передача движения.

Угловые скорости в эти формулы должны быть подставлены с соответствующими знаками (“+” или “-”) в зависимости от направления вращения звеньев.

Передаточное число – это передаточное отношение, взятое в направлении передачи движения, то есть от ведущего звена к ведомому звену. Передаточное число обозначают без цифровых индексов: U .

Механическая передача – это механизм, предназначенный для передачи вращательного движения. **Простая зубчатая передача** – это зубчатая передача, у которой все зубчатые колеса шарнирно соединены со стойкой и поэтому совершают только вращательное движение. **Степень зубчатой передачи** – это простейший зубчатый механизм, состоящий из двух зубчатых колес, входящих в зацепление и шарнирно соединенных со стойкой. На рис. 3.1 показана в двух проекциях схема одноступенчатой цилиндрической прямозубой передачи внешнего зацепления. Зубчатые колеса этой передачи вращаются в противоположном направлении, а передаточное отношение имеет знак “ минус”. Передаточное отношение ступени цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления (рис. 3.2) имеет знак “ плюс”, так как оба зубчатых колеса, входящих в зацепление, имеют одинаковое направление вращения.

Передаточное отношение можно определить через числа зубьев зубчатых колес:

$$u_{12} = \varpi_1 / \varpi_2 = \pm Z_2 / Z_1. \quad (3.3)$$

Угловые скорости обратно пропорциональны числам зубьев зубчатых колес.

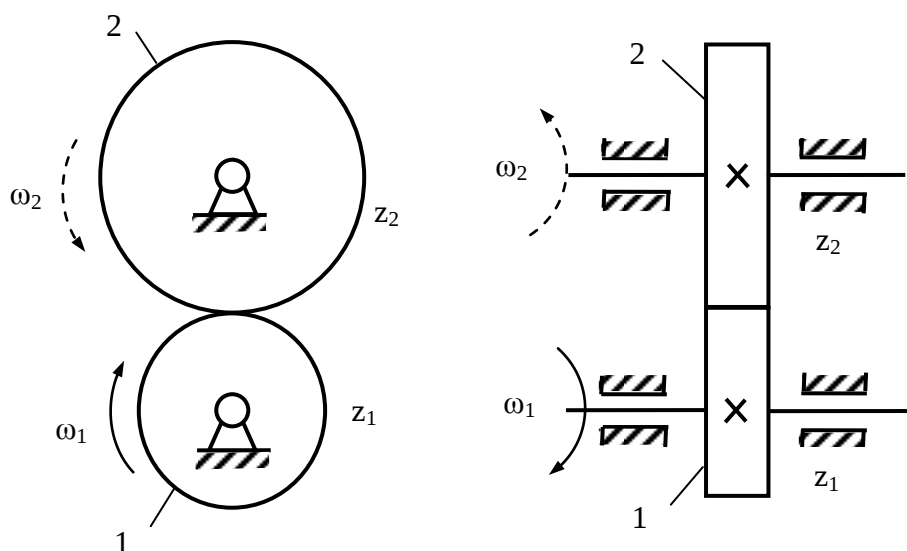


Рис. 3.1. Схема одноступенчатой прямозубой цилиндрической передачи внешнего зацепления

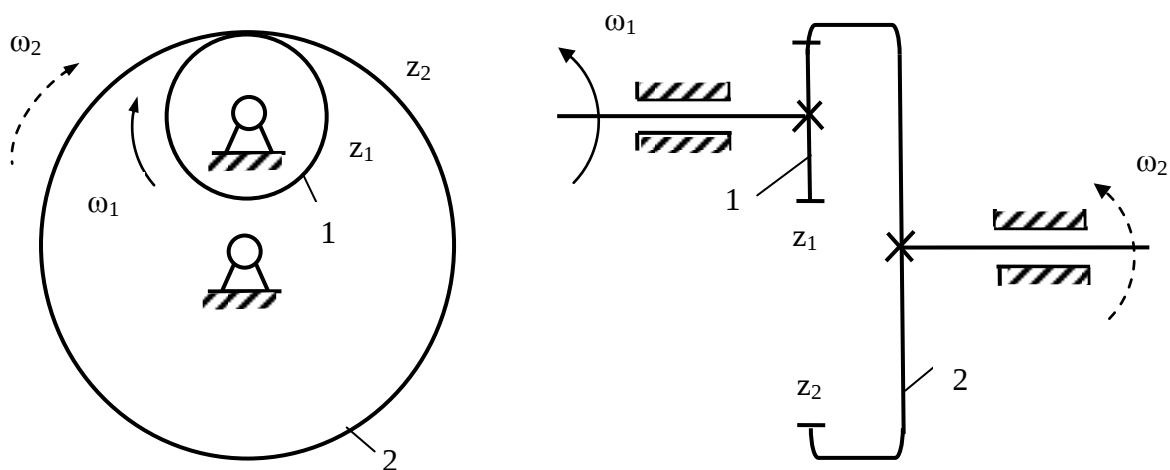


Рис. 3.2. Схема одноступенчатой цилиндрической прямозубой передачи внутреннего зацепления

Редукторами называют зубчатые передачи, уменьшающие угловую скорость при передаче вращения от ведущего зубчатого колеса к ведомому.

Мультипликаторами называют зубчатые передачи, увеличивающие угловую скорость при передаче вращения от ведущего зубчатого колеса к ведомому. Передаточное отношение редуктора больше единицы, а мультипликатора- меньше единицы. В машинах обычно применяются редукторы, так как частота вращения вала двигателя (электродвигателя, двигателя внутреннего сгорания) намного выше частоты вращения рабочего вала, жестко свя-

занного с ведомым звеном механизма. Широко применяются многоступенчатые зубчатые простые передачи, состоящие из последовательно соединенных ступеней зубчатых передач.

Общее передаточное отношение многоступенчатой простой зубчатой передачи с последовательно соединенными ступенями равно произведению передаточных отношений ступеней.

ЗАДАНИЕ:

Выполнить кинематический анализ простой многоступенчатой зубчатой передачи, схема которой дана на рис. 3.3 (см. прил.4).

Номер схемы студенту выдает преподаватель. На схеме показано направление вращения ведущего зубчатого колеса. Частота вращения ведущего зубчатого колеса и числа зубьев всех колес этой передачи приведены в табл.3.1. Вычислить угловую скорость и частоту вращения ведомого зубчатого колеса, показать направление вращения ведомого зубчатого колеса.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

Изобразить кинематическую схему заданной простой зубчатой передачи и переписать заданные исходные данные, переписать задание на практическое занятие № 3. После этого:

1. Определить общее передаточное отношение передачи как произведение передаточных отношений отдельных ступеней.

2. Вычислить угловую скорость ведущего зубчатого колеса по заданной частоте вращения ведущего зубчатого колеса $n_1 (\text{мин}^{-1})$ по формуле

$$\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30, (c^{-1}). \quad (3.4)$$

3. Вычислить угловую скорость ведомого зубчатого колеса как отношение угловой скорости ведущего зубчатого колеса ω_1 к общему передаточному отношению всей передачи. Руководствуясь полученным знаком ω_1 , показать пунктирной линией на схеме передачи направление вращения ведомого зубчатого колеса: если получился знак “плюс”, то направление вращения ведомого и ведущего зубчатых колес совпадают; если же при расчете получился знак “минус”, то угловая скорость ведомого и ведущего зубчатых колес противоположны.

4) Вычислить частоту вращения ведомого зубчатого колеса как отношение заданной частоты вращения ведущего зубчатого колеса n_1 к общему передаточному отношению зубчатой передачи.

ПРИМЕР:

Задание: Выполнить кинематический анализ простой многоступенчатой цилиндрической передачи (рис. 3.4).

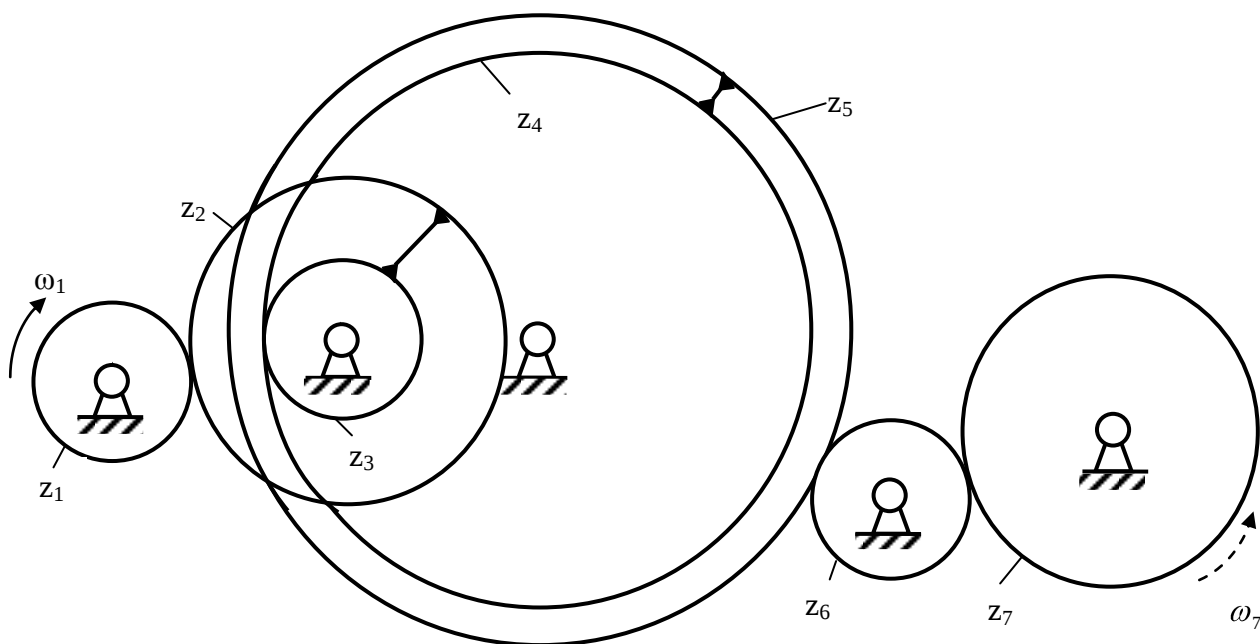


Рис. 3.4 Заданная схема простой зубчатой передачи

Дано: $n_1 = 1280 \text{ мин}^{-1}$; $Z_1 = 20$; $Z_2 = 40$; $Z_3 = 20$; $Z_4 = 80$; $Z_5 = 90$; $Z_6 = 30$; $Z_7 = 100$.

Определить общее передаточное отношение этой передачи. Определить угловую скорость и частоту вращения ведомого зубчатого колеса. Показать на схеме направление вращения ведомого зубчатого колеса.

Решение:

1. Передача имеет четыре ступени: $Z_1 - Z_2$; $Z_3 - Z_4$; $Z_4 - Z_5$; $Z_5 - Z_6$. Из них три ступени внешнего зацепления и одна ступень $Z_3 - Z_4$ - внутреннего зацепления. Общее передаточное отношение передачи находим как произведение передаточных отношений четырех ступеней. Передаточные отношения отдельных ступеней выражаем через числа зубьев зубчатых колес с учетом зависимостей (2.1) и (2.2).

$$u_{16} = u_{12} \cdot u_{34} \cdot u_{56} \cdot u_{67} = (-Z_2 / Z_1) \cdot Z_4 / Z_3 \cdot (-Z_6 / Z_5) \cdot (-Z_7 / Z_6) = -Z_2 Z_4 Z_7 / (Z_1 Z_3 Z_5) = -40 \cdot 80 \cdot 80 / (20 \cdot 20 \cdot 100) = -6,4.$$

2. Угловая скорость ведущего зубчатого колеса Z_1 по (3.4):

$$\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30 = 3,14 \cdot 1280 / 30 = 133,97 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

3. Угловая скорость ведомого зубчатого колеса Z_7 по (3.3):

$$\omega_7 = \omega_1 / u_{17} = 133,97 / (-6,4) = -20,93 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Знак “минус” показывает, что угловая скорость ведомого зубчатого колеса Z_7 направлена противоположно заданной угловой скорости ведущего зубчатого колеса Z_1 . На схеме механизма показываем направление ω_7 пунктирной линией.

4. Частота вращения ведомого зубчатого колеса Z_7 по (3.4):

$$n_7 = 30 \cdot \omega_7 / \pi = 30 \cdot 20,93 / 3,14 = 200 \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

ВОПРОСЫ

1. Что называют механическими передачами?
2. Какая зубчатая передача называется простой?
3. Что называют ступенью простой зубчатой передачи?
4. Что называют передаточным отношением?
5. Какой вид имеет схема одноступенчатой простой цилиндрической зубчатой прямозубой передачи внешнего зацепления?
6. Какой вид имеет схема одноступенчатой простой цилиндрической зубчатой прямозубой передачи внутреннего зацепления?
7. Какой знак имеет передаточное отношение одноступенчатой простой цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления?
8. Какой знак имеет передаточное отношение одноступенчатой простой цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления?
9. Как выражается передаточное отношение одноступенчатой зубчатой передачи через угловые скорости колес?
10. Как выражается передаточное отношение одноступенчатой зубчатой передачи через числа зубьев колес?
11. Какие зубчатые передачи называют редукторами?
12. Какие зубчатые передачи называют мультипликаторами?
13. Почему в машинах обычно применяют редукторы?
14. В каких устройствах применяются мультипликаторы?
15. Как определить общее передаточное отношение многоступенчатой простой цилиндрической зубчатой передачи?
16. Что означает положительный знак общего передаточного отношения многоступенчатой простой цилиндрической зубчатой передачи?
17. Что означает отрицательный знак общего передаточного отношения многоступенчатой простой цилиндрической зубчатой передачи?
18. Какие Вы можете привести примеры использования зубчатых простых передач в машинах?
19. Какие Вы можете привести примеры использования зубчатых простых передач в приборах?
20. Как называют зубчатые простые передачи, у которых можно изменять передаточное отношение?
21. Каким образом в машинах выполняют изменение передаточного отношения простых зубчатых передач?
22. У редукторов передаточное отношение по абсолютной величине больше или меньше единицы?
23. У мультипликаторов передаточное отношение по абсолютной величине больше или меньше единицы?
24. Какие зубчатые передачи называются цилиндрическими?
25. Какие зубчатые передачи называются прямозубыми?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 – «КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНА СКОРОСТЕЙ»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Основные задачи данного метода – определение линейных скоростей точек звеньев механизма по заданной кинематической схеме механизма и заданному закону движения входного звена. Все размеры звеньев механизма должны быть известны.

Линейные скорости точек звеньев механизма необходимо знать для определения кинетической энергии механизма при решении задач динамики машин. Они необходимы также для определения угловых скоростей звеньев, вычисления тангенциальных составляющих линейных ускорений в относительном движении точек звеньев.

Определение скоростей выполняется графически: путем построения в масштабе многоугольника, составленного из векторов скоростей (**плана скоростей**). План скоростей строится для конкретного положения механизма на основании векторных уравнений скоростей.

При построении плана скоростей механизма рассматривают обычно лишь точки звеньев, совпадающие с кинематическими парами. Например, рассматривают точки звеньев, располагающиеся в центрах вращательных кинематических пар (шарниров).

Рассмотрим **основные уравнения, используемые для построения плана скоростей**.

Из теоретической механики известно, что скорость любой точки абсолютно твердого тела можно представить, как геометрическую сумму скоростей переносного и относительного движений. В плоском механизме каждое звено в общем случае совершает плоскопараллельное движение, которое можно представить, как состоящее из переносного движения вместе с произвольно выбранным полюсом, и движения относительно этого полюса. За полюс принимается обычно точка, скорость которой известна.

Чтобы применять графические методы кинематического исследования механизма, необходимо научиться составлять **векторные уравнения скоростей для двух случаев расположения рассматриваемых точек**.

1. Две точки (А и В) принадлежат одному звену и удалены друг от друга на расстояние ℓ_{BA} . Скорость одной точки (например, точки А) известна. Требуется определить скорость другой точки (точки В).

Составляем векторное уравнение скоростей:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}, \quad (4.1)$$

где $\vec{V}_B, \vec{V}_A, \vec{V}_{BA}$ – соответственно векторы скоростей точки В, точки А, точки В относительно условно неподвижной точки А, взятой в качестве полюса. Скорость движения точки В относительно точки А можно рассмотреть на рис. 4.1.

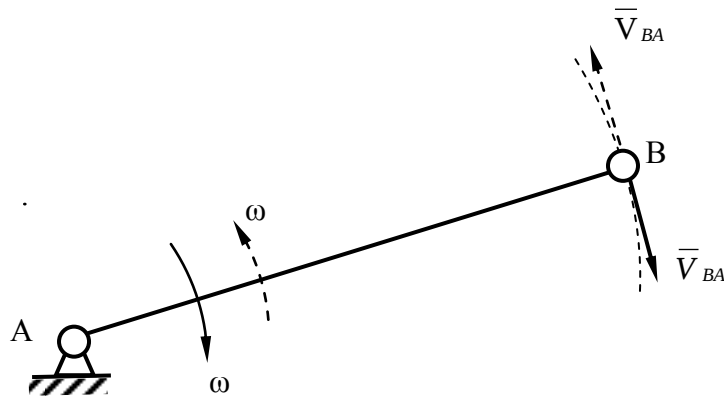


Рис. 4.1. Схема для рассмотрения скоростей в относительном движении двух точек, лежащих на одном и том же звене

При относительном вращательном движении звена вокруг точки А точка В движется по дуге окружности, описанной из точки А. Поэтому скорость $\vec{V}_{BA}$ направлена по касательной к дуге этой окружности в точке В, то есть перпендикулярно прямой АВ. Направление скорости $\vec{V}_{BA}$ соответствует направлению угловой скорости звена ω и наоборот.

Величину этой скорости можно найти по формуле

$$V_{BA} = \omega \cdot \ell_{BA}, \quad (4.2)$$

где ω - угловая скорость звена, на котором расположены рассматриваемые точки, с^{-1} ; ℓ_{BA} - расстояние между рассматриваемыми точками, м.

2. Две точки (A_1 и A_2) принадлежат разным звеньям (1 и 2), образующим поступательную пару, и в данный момент совпадают

Скорость одной точки (например, точки A_1) известна. Требуется определить скорость другой точки (точки A_2).

Составляем векторное уравнение скоростей:

$$\vec{V}_{A_2} = \vec{V}_{A_1} + \vec{V}_{A_2A_1}, \quad (4.3)$$

где $\vec{V}_{A_2}, \vec{V}_{A_1}, \vec{V}_{A_2A_1}$ - соответственно векторы скоростей точки A_2 , точки A_1 и точки A_2 относительно условно неподвижной точки A_1 , взятой в качестве полюса. Скорость движения точки A_2 относительно точки A_1 можно рассмотреть на рис. 4.2.

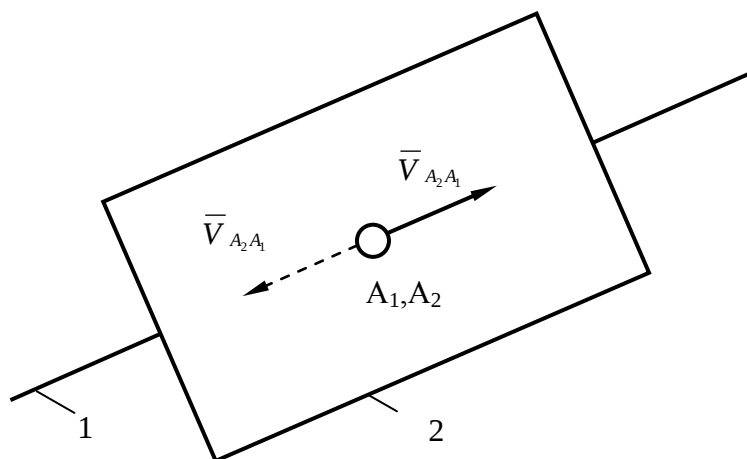


Рис. 4.2. Схема для рассмотрения скоростей в относительном движении двух точек, принадлежащих разным звеньям, входящим в поступательную пару

Скорость точки A_2 относительно точки A_1 равна скорости движения звена 2 относительно звена 1. Точка A_2 движется по прямой линии, параллельной направляющей движения ползуна 2. Так же направлена скорость $\bar{V}_{A_2A_1}$.

Порядок рассмотрения точек звеньев механизма при построении плана скоростей: вначале рассматривают точки входного звена, то есть того звена, закон движения которого задан. Затем рассматривают точки первой присоединенной к входному звену и стойке структурной группы звеньев, потом второй структурной группы и так далее.

Скорости точек звеньев находят на основании векторных уравнений скоростей. При рассмотрении точек структурных групп составляют систему двух векторных уравнений скоростей. В каждом уравнении выражают скорость точки, связанной со средней кинематической парой структурной группы. При этом в качестве полюса принимают для одного уравнения одну точку, а для другого уравнения - другую точку, которые относятся к крайним кинематическим парам рассматриваемой структурной группы.

Входное звено механизма обычно совершает вращательное движение относительно стойки. Считают, что это движение является равномерным. Частота вращения входного звена n_1 дана. Угловую скорость ω_1 находят по (4.4): $\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

Выполнить кинематическое исследование заданного на рис.4.3 (прил.5) плоского четырехзвенного механизма методом построения плана скоростей.

На схеме показано направление вращения входного звена. **Частота вращения входного звена $n=150 \text{ мин}^{-1}$. Кинематические схемы на рис. 4.3 изображены в масштабе длин $\mu_l = 0,004 \text{ м / мм}$ (м 1:4).**

Изобразить заданную кинематическую схему четырехзвенного плоского механизма (рис.4.3). Обозначить на схеме номера всех звеньев. Обозначить

прописными (большими) буквами все точки, совпадающие с кинематическими парами, скорости которых будут определены методом построения плана скоростей механизма. Представить все формулы, вычисления и векторные уравнения, необходимые для построения плана скоростей.

Выполнить построение плана скоростей механизма. Определить по плану скоростей все неизвестные скорости рассматриваемых точек звеньев.

ПРИМЕР:

Задание

Выполнить построение плана скоростей плоского четырехзвенного механизма. Схема заданного механизма в масштабе длин $\mu_\ell = 0,004 \text{ м/мм}$ (М 1:4) представлена на рис. 4.4. Входное звено механизма – кривошип АВ. Частота вращения входного звена $n_1 = 150 \text{ мин}^{-1}$.

Решение

Вычисляем по (2.4) угловую скорость входного звена 1:

$$\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30 = 3,14 \cdot 150 / 30 = 15,7 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Измеряем длину входного звена – кривошипа 1 на кинематической схеме механизма: $AB = 17,5 \text{ мм}$. Учитывая масштаб длин схемы, вычисляем истинную длину звена АВ по (6.2):

$$\ell_{AB} = AB \cdot \mu_\ell = 17,5(\text{мм}) \cdot 0,004(\text{м/мм}) = 0,07 \text{ м}.$$

Определяем теперь линейные скорости точек звеньев путем построения плана скоростей механизма (см. рис. 4.5).

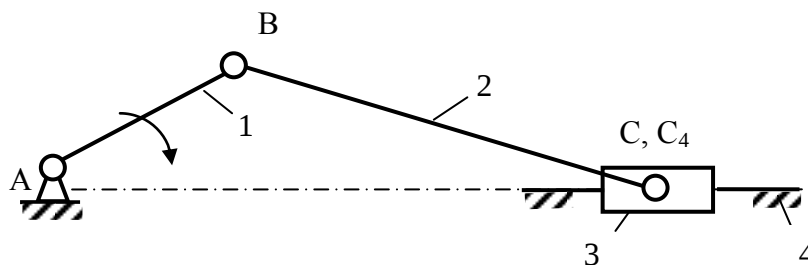


Рис. 4.4. Кинематическая схема плоского четырехзвенного кривошипно-ползунного механизма

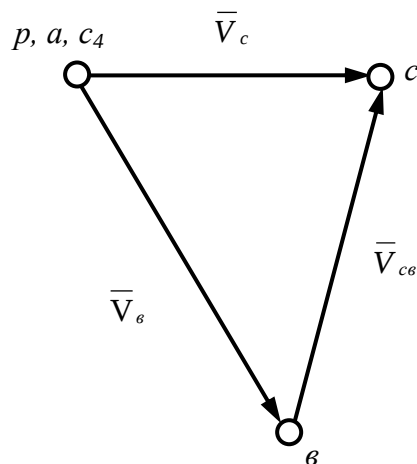


Рис. 4.5. План скоростей кривошипно-ползунного механизма

Изображаем точку p полюса плана скоростей. Из этой точки будем проводить векторы абсолютных скоростей точек звеньев механизма. Точки на концах этих векторов необходимо обозначить строчными (малыми) буквами, соответствующими рассматриваемым точкам схемы механизма.

Рассматриваем вначале скорости точек входного звена АВ. Скорость точки А равна нулю, так как эта точка неподвижна при работе механизма: $V_A = 0$. Вектор скорости $\bar{V}_A$ на плане скоростей поэтому отсутствует; точка a на плане скоростей совпадает с полюсом p .

Для определения скорости точки В составляем векторное уравнение скоростей (4.1): $\bar{V}_B = \bar{V}_A + \bar{V}_{BA}$. Так как $V_A = 0$, то $\bar{V}_B = \bar{V}_{BA}$. Величину этой скорости определяем по (6.2):

$$V_B = V_{BA} = \omega_1 \cdot \ell_{BA} = 15,7 \cdot 0,07 = 1,099 (\text{м/с}).$$

Вектор $\bar{V}_B$ (см. рис. 6.5) перпендикулярен линии ВА звена на схеме механизма и направлен в сторону заданной угловой скорости этого звена (см. рис. 4.4). Задаемся длиной этого вектора в зависимости от наличия места для плана скоростей и проводим этот вектор. Принимаем, например, $pa = 32 \text{ мм}$. Тогда масштаб плана скоростей будет

$$\mu_v = 1,099 / 32 = 0,0343 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}.$$

Рассматриваем далее точки структурной группы звеньев 2-3: В, С и C_4 .

На схеме механизма (см. рис. 4.4) в поступательной кинематической паре обозначены две точки: подвижная точка С, принадлежащая звену 3, и неподвижная точка C_4 , принадлежащая звену 4 (стойке). Обе эти точки в рассматриваемое мгновение по положению совпадают.

Скорость точки С необходимо определить. Скорости же двух остальных точек известны: скорость точки В найдена и ее вектор на плане скоро-

стей уже проведен, скорость же точки C_4 стойки равна нулю, поэтому на плане скоростей обозначаем точку c_4 , совпадающую с полюсом плана – точкой p (см. рис. 4.5).

Составляем систему двух векторных уравнений скоростей:

$$\begin{aligned}\bar{V}_C &= \bar{V}_B + \bar{V}_{CB} \\ \bar{V}_C &= \bar{V}_{C_4} + \bar{V}_{CC_4}.\end{aligned}\quad (4.5)$$

Приравниваем правые части этих двух уравнений (6.5), так как левые части их равны:

$$\bar{V}_B + \bar{V}_{CB} = \bar{V}_{C_4} + \bar{V}_{CC_4}.$$

Так как $V_{C_4} = 0$, то полученное уравнение можно представить в виде

$$\bar{V}_B + \bar{V}_{CB} = \bar{V}_{CC_4}.\quad (4.6)$$

В этом уравнении абсолютная скорость $\bar{V}_B$ уже известна, а скорости в относительном движении точек $\bar{V}_{CB}$ и $\bar{V}_{CC_4}$ известны только по направлению. Так как точки C и B принадлежат одному и тому же звену 2, то $\bar{V}_{CB}$ перпендикулярна прямой линии CB схемы механизма. Так как точки C и C_4 совпадают по положению и принадлежат разным звеньям, входящим в поступательную пару, то $\bar{V}_{CC_4}$ параллельна направляющей относительного поступательного движения звеньев 3 и 4, то есть параллельна линии AC механизма (см. рис.4.4).

В соответствии с уравнением (4.6) из конца вектора скорости $\bar{V}_B$ - точки b (см. рис.4.5) - проводим линию вектора скорости $\bar{V}_{CB}$ перпендикулярно прямой линии CB (см. рис. 4.4) схемы механизма. Из точки c_4 , совпадающей с полюсом плана скоростей p (см. рис. 4.5), проводим линию вектора $\bar{V}_{CC_4}$ параллельно направляющей относительного поступательного движения звеньев 3 и 4, то есть параллельно линии AC механизма (см. рис.4.4). Находим точку пересечения этих двух линий. Это точка c плана скоростей.

В соответствии с уравнением (4.6) обозначаем векторы скоростей на плане скоростей. Измеряем длины полученных векторов скоростей: $cb = 28\text{мм}$, $pc = 26\text{мм}$.

Вычисляем величины неизвестных скоростей:

$$\bar{V}_{CB} = cb \cdot \mu_v = 28 \cdot 0,0343 = 0,96\text{м/с}.$$

$$\bar{V}_C = V_{CC_4} = pc \cdot \mu_v = 26 \cdot 0,0343 = 0,8918\text{м/с}.$$

ВОПРОСЫ

1. Что называют планом скоростей механизма?
2. Скорости каких точек звеньев находят при построении плана скоростей механизма?
3. Какие два случая расположения рассматриваемых точек встречаются при построении плана скоростей механизма?
4. Какой вид имеет формула, связывающая угловую скорость звена и частоту его вращения?
5. По какой формуле можно вычислить линейную скорость точки кривошипа?
6. Какой вид имеет векторное уравнение, связывающее скорости двух точек, принадлежащих одному звену?
7. Какой вид имеет векторное уравнение, связывающее скорости двух совпадающих точек, принадлежащих двум звеньям, образующим поступательную кинематическую пару?
8. В какой последовательности рассматриваются точки звеньев при построении плана скоростей плоского механизма?
9. Какую размерность имеет масштаб плана скоростей механизма?

ПРАКТИКА 5 – «КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНА УСКОРЕНИЙ»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Основные задачи данного метода – определение линейных ускорений точек звеньев механизма по заданной кинематической схеме механизма и заданному закону движения входного звена. Все размеры звеньев механизма должны быть известны.

Линейные ускорения точек звеньев механизма необходимо знать для определения сил инерции звеньев при решении задачи кинетостатического (силового) расчета машин.

Определение ускорений выполняется графически: путем построения в масштабе многоугольника, составленного из векторов ускорений (**плана ускорений**). План ускорений строится для конкретного положения механизма на основании векторных уравнений ускорений.

При построении плана ускорений так же, как и при построении плана скоростей, рассматривают обычно лишь точки звеньев, совпадающие с кинематическими парами.

Рассмотрим **основные уравнения, используемые для построения плана ускорений**.

В плоском механизме каждое звено в общем случае совершает плоскопараллельное движение, которое можно представить, как состоящее из переносного поступательного движения вместе с произвольно выбранным полюсом и относительного вращательного движения вокруг этого полюса. За полюс принимается обычно точка, ускорение которой известно.

Необходимо научиться составлять **векторные уравнения ускорений для двух случаев расположения рассматриваемых точек**.

1. Две точки (А и В) принадлежат одному звену и удалены друг от друга на расстояние ℓ_{BA} . Ускорение одной точки (например, точки А) известно. Требуется определить ускорение другой точки (точки В). Составляем векторное уравнение ускорений:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}, \quad (5.1)$$

где $\bar{a}_B, \bar{a}_A, \bar{a}_{BA}$ - соответственно векторы скоростей точки В, точки А, точки В относительно условно неподвижной точки А, взятой в качестве полюса.

Ускорение точки В относительно условно неподвижной точки А можно рассмотреть на рис. 5.1.

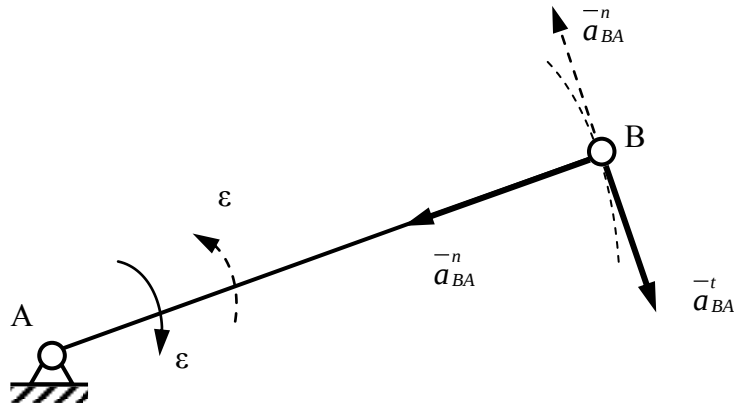


Рис. 5.1. Схема для рассмотрения ускорений в относительном движении двух точек, лежащих на одном звене

При относительном вращательном движении звена вокруг точки А точка В движется по дуге окружности, описанной из точки А. Для удобства определения ускорений ускорение $\bar{a}_{BA}$ раскладывают в этом случае на две составляющие: нормальную $\bar{a}_{BA}^n$ и тангенциальную $\bar{a}_{BA}^t$.

Уравнение (5.1) при этом принимает следующий вид:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^t. \quad (5.2)$$

Нормальная составляющая $\bar{a}_{BA}^n$ направлена по прямой, соединяющей рассматриваемые точки; стрелка вектора направлена от точки В, движение которой рассматривается, к точке А, которая взята за полюс в рассматриваемом относительном движении. Величину нормальной составляющей ускорения можно определить по формулам

$$a_{BA}^n = \omega^2 \cdot \ell_{BA}, \quad (5.3)$$

$$a_{BA}^n = V_{BA}^2 / \ell_{BA}, \quad (5.4)$$

где ω - угловая скорость звена, на котором расположены рассматриваемые точки, c^{-1} ; ℓ_{BA} - расстояние между рассматриваемыми точками, м; V_{BA} - линейная скорость движения точки В относительно точки А, м/с.

Тангенциальная составляющая $\bar{a}_{BA}^t$ направлена по касательной к дуге окружности, проведенной из точки А радиусом АВ, то есть перпендикулярно прямой АВ. Направление стрелки вектора $\bar{a}_{BA}^t$ соответствует направлению углового ускорения ε звена и наоборот.

Величину тангенциальной составляющей ускорения можно определить по формуле

$$a_{BA}^t = \varepsilon \cdot \ell_{BA}, \quad (5.5)$$

где ε - угловое ускорение звена, на котором расположены рассматриваемые точки, c^{-2} ; ℓ_{BA} - расстояние между точками В и А, м.

2. Две точки (A_1 и A_2) принадлежат разным звеньям (1 и 2), образующим поступательную пару, и в данный момент совпадают.

Ускорение одной точки (например, точки A_1) известно. Требуется определить ускорение другой точки (точки A_2).

Составляем векторное уравнение ускорений:

$$\bar{a}_{A_2} = \bar{a}_{A_1} + \bar{a}_{A_2 A_1}, \quad (5.6)$$

где $\bar{a}_{A_2}, \bar{a}_{A_1}, \bar{a}_{A_2 A_1}$ - соответственно векторы ускорений точек A_2 , A_1 и A_2 относительно условно неподвижной точки A_1 , взятой в качестве полюса. Ускорение точки A_2 относительно точки A_1 можно рассмотреть на рис. 5.2.

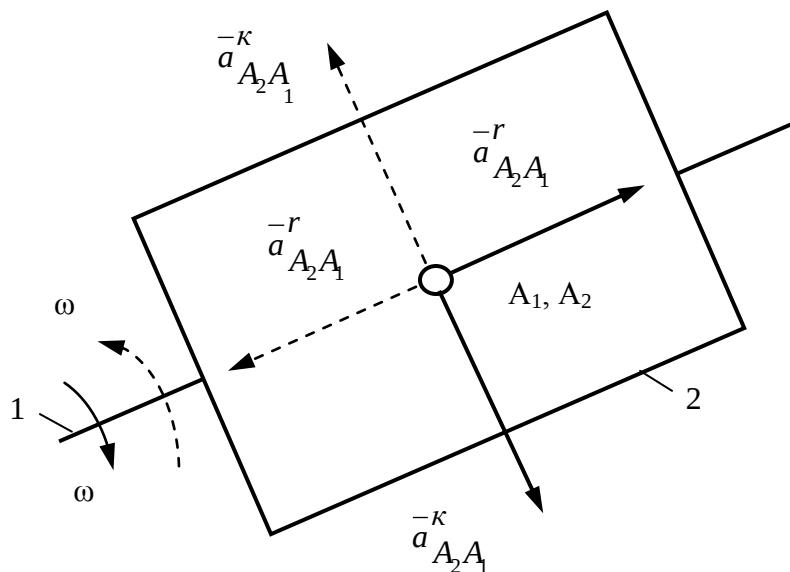


Рис. 5.2. Схема для рассмотрения ускорений в относительном движении двух точек, принадлежащих разным звеньям, входящим в поступательную пару

Для удобства определения ускорений ускорение в относительном движении рассматриваемых точек в этом случае раскладывают на две составляющие: кориолисово ускорение $\bar{a}_{A_2 A_1}^K$ и релятивное ускорение $\bar{a}_{A_2 A_1}^r$.

Уравнение (5.5) при этом принимает следующий вид:

$$\bar{a}_{A_2} = \bar{a}_{A_1} + \bar{a}_{A_2 A_1}^K + \bar{a}_{A_2 A_1}^r. \quad (5.6)$$

Кориолисово ускорение появляется вследствие того, что переносное движение является вращательным. Кориолисово ускорение при плоском движении звеньев можно вычислить по формуле

$$a_{A_2 A_1}^K = 2\omega \cdot V_{A_2 A_1}. \quad (5.7)$$

Для определения направления кориолисова ускорения необходимо вектор относительной скорости $\bar{V}_{A_2 A_1}$ повернуть на 90° по направлению угловой скорости ω звеньев (рис. 5.3). Полученное направление вектора совпадает с направлением вектора кориолисова ускорения $\bar{a}_{A_2 A_1}^K$.

Порядок рассмотрения точек звеньев механизма при построении плана ускорений остается тем же, что и при построении плана скоростей: вначале рассматривают точки входного звена, то есть того звена, закон движения которого задан. Затем рассматривают точки первой присоединенной к входному звену и стойке структурной группы звеньев, потом второй структурной группы и так далее.

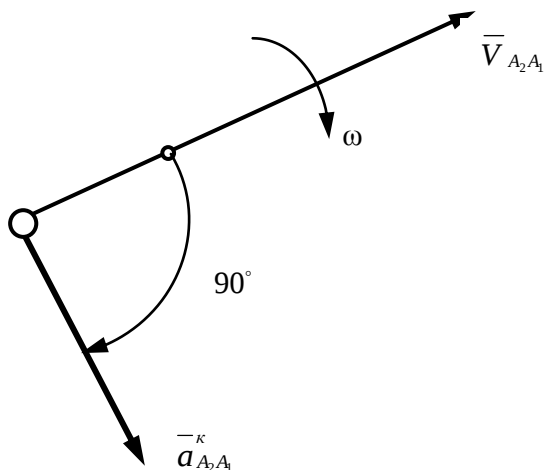


Рис. 5.3. Схема определения направления вектора кориолисова ускорения

Ускорения точек звеньев находят на основании векторных уравнений ускорений. При рассмотрении точек структурных групп составляют систему двух векторных уравнений ускорений. В каждом уравнении выражают ускорение точки, связанной со средней кинематической парой структурной группы. При этом в качестве полюса принимают для одного уравнения одну точку, а для другого уравнения другую точку, которые относятся к крайним кинематическим парам рассматриваемой структурной группы; ускорения точек, взятых в качестве полюса, должны быть известны.

Входное звено механизма обычно совершает вращательное движение относительно стойки. Считают, что это движение является равномерным. Частота вращения входного звена n_1 дана. Угловую скорость ω_1 находят по (2.4).

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

Выполнить построение плана ускорений плоского четырехзвенного механизма, для которого по заданию 6 строился план скоростей (прил.5).

Схема заданного механизма дана на рис. 5.3. На схеме показано направление вращения входного звена. **Частота вращения входного звена $n_1=150 \text{ мин}^{-1}$. Кинематические схемы на рис. 4.3 изображены в масштабе длин $\mu_l = 0,004 \text{ м/мм}$ (М 1:4).**

Изобразить заданную кинематическую схему четырехзвенного плоского механизма. Обозначить на схеме номера всех звеньев. Обозначить прописными (большими) буквами все точки, совпадающие с кинематическими парами, ускорения которых будут определены методом построения плана ускорений механизма. Представить все формулы, вычисления и векторные уравнения, необходимые для построения плана ускорений.

Выполнить построение плана ускорений механизма. Определить по плану ускорений все неизвестные ускорения рассматриваемых точек звеньев.

ПРИМЕР:

Задание

Выполнить построение плана ускорений плоского четырехзвенного механизма, для которого строился план скоростей. Схема заданного механизма в масштабе длин $\mu_l = 0,004 \text{ м/мм}$ (М 1:4) представлена на рис. 5.4.

Входное звено механизма – кривошип АВ. Частота вращения входного звена $n_1 = 150 \text{ мин}^{-1}$. Направление вращения входного звена на схеме показано.

Решение

Угловая скорость и длина входного звена 1, а также линейные скорости в относительном движении точки С относительно точки В и точки С относительно точки C_4 были найдены при выполнении задания 3:

$$\omega_1 = 15,7 \text{ (с}^{-1}\text{)}; \ell_{AB} = 0,07 \text{ м}; \quad \bar{V}_{CB} = 0,96 \text{ м/с}; \quad \bar{V}_{CC_4} = 0,8918 \text{ м/с}.$$

Измеряем на схеме механизма длину звена ВС: $BC = 35 \text{ мм}$. Истинная длина звена ВС: $\ell_{BC} = BC \cdot \mu_l = 35 \cdot 0,004 = 0,14 \text{ (м)}$.

Определяем теперь линейные ускорения точек звеньев путем построения плана ускорений механизма (рис. 5.5).

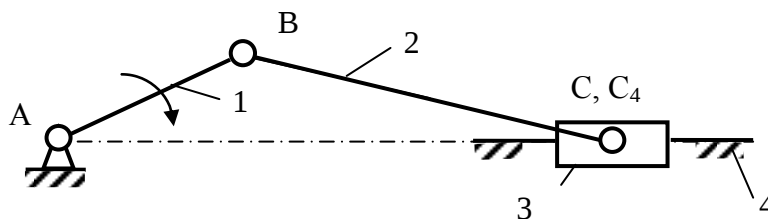


Рис. 5.4. Кинематическая схема плоского четырехзвенного кривошипно-ползунного механизма

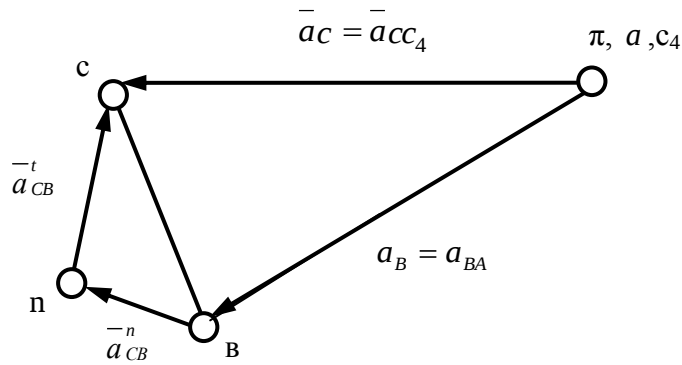


Рис. 5.5. План ускорений кривошипно-ползунного механизма

Изображаем точку π полюса плана скоростей. Из этой точки будем проводить векторы абсолютных ускорений точек звеньев механизма. Точки на концах этих векторов необходимо обозначить строчными (малыми) буквами, соответствующими рассматриваемым точкам схемы механизма.

Рассматриваем вначале ускорения точек входного звена АВ. Ускорение точки А равно нулю, так как эта точка неподвижна при работе механизма: $a_A = 0$. На плане ускорений вектор ускорения $\bar{a}_A$ поэтому отсутствует; точка a на плане ускорений совпадает с полюсом π .

Для определения ускорения точки В составляем векторное уравнение ускорений (5.2):

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^t.$$

Величину тангенциальной составляющей ускорения определяем по (5.5):

$$a_{BA}^t = \varepsilon \cdot \ell_{BA},$$

где ε - угловое ускорение звена, на котором расположены рассматриваемые точки, c^{-2} ; ℓ_{BA} - расстояние между точками В и А, м.

По заданию вращение входного звена механизма (кривошипа АВ) равномерное, поэтому тангенциальная составляющая ускорения точки В относительно точки А равна нулю. Так как $a_A = 0$ и $a_{BA}^t = 0$, то $\bar{a}_B = \bar{a}_{BA}^n$.

Величину этого ускорения определяем по (5.3):

$$a_B = a_{BA}^n = \omega_1^2 \cdot \ell_{BA} = 15,7^2 \cdot 0,07 = 17,25 (м/с^2).$$

Вектор $\bar{a}_B = \bar{a}_{BA}^n$ (см. рис. 5.5) параллелен линии ВА звена на схеме механизма и направлен от точки В, движение которой рассматривается, к точке А, принятой в качестве полюса (см. рис. 5.4). Задаемся длиной этого вектора в зависимости от наличия места для плана ускорений и проводим этот вектор. Принимаем, например, $\pi a = 30 мм$. Тогда масштаб плана ускорений будет

$$\mu_a = 17,25 / 30 = 0,575 \frac{м/с^2}{мм}.$$

Рассматриваем далее точки структурной группы звеньев 2-3 : В, С и С₄. В поступательной кинематической паре соединения звеньев 3 и 4 обозначены две точки: подвижная точка С, принадлежащая звену 3, и неподвижная точка С₄, принадлежащая звену 4 (стойке). Обе эти точки в рассматриваемое мгновение по положению совпадают.

Ускорение точки С необходимо определить. Ускорения же двух остальных точек известны: ускорение точки В найдено и его вектор на плане ускорений уже проведен, ускорение же точки С₄ стойки равно нулю. На плане ускорений обозначаем точку с₄, которая совпадает с полюсом плана – точкой π (см. рис. 5.5).

Используя зависимости (5.2) и (5.6), составляем систему двух векторных уравнений ускорений:

$$\begin{aligned}\bar{a}_c &= \bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^t_{CD} ; \\ \bar{a}_C &= \bar{a}_{C_4} + \bar{a}^K_{CC_4} + \bar{a}^r_{CC_4} .\end{aligned}$$

Приравниваем правые части этих двух уравнений, так как левые части их равны:

$$\bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^t_{CD} = \bar{a}_{C_4} + \bar{a}^K_{CC_4} + \bar{a}^r_{CC_4} . \quad (5.8)$$

Вычисляя кориолисово ускорение по (5.7), видим, что оно равно нулю, так как ползун 3 и направляющая стойки 4, входящие в поступательную кинематическую пару, вращательного движения совершать не могут: $\varpi_3 = \varpi_4 = 0$.

$$a^K_{CC_4} = 2\varpi_4 \cdot V_{CC_4} = 0.$$

Так как $a_{C_4} = 0$ и $\bar{a}^K_{CC_4} = 0$, то уравнение (5.8) можно представить в виде

$$\bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^t_{CD} = \bar{a}^r_{CC_4} \quad (5.9)$$

Величину и направление нормальной составляющей ускорения $\bar{a}^n_{CB}$ можно определить. Величину этого ускорения определяем по (5.4):

$$a^n_{CB} = V_{CB}^2 / \ell_{CB} = 0,96^2 / 0,14 = 6,583 \text{ м/с}.$$

Вектор $\bar{a}^n_{CB}$ (см. рис. 5.5) параллелен линии СВ звена на схеме механизма и направлен от точки С, движение которой рассматривается, к точке В, принятой в качестве полюса (см. рис. 5.4).

Так как по уравнению (5.9) эту составляющую необходимо прибавить к ускорению $\bar{a}_B$, то на плане ускорений точка *b* на конце вектора $\bar{a}_B$ будет началом вектора $\bar{a}^n_{CB}$. Определяем длину этого вектора с учетом принятого масштаба плана ускорений:

$$bn = a^n_{CB} / \mu_a = 6,583 / 0,575 = 11,44 \text{ мм}.$$

Проводим этот вектор. По уравнению (5.9) необходимо далее прибавить вектор тангенциальной составляющей ускорения $\bar{a}^t_{CB}$, поэтому из точки *n* плана ускорений (см. рис. 5.5) проводим линию вектора $\bar{a}^t_{CB}$; направление этого вектора известно: он перпендикулярен прямой СВ схемы механизма

(см. рис. 5.4), а величину вычислить по (5.5) не представляется возможным, так как угловое ускорение звена СВ неизвестно.

По уравнению (5.9) на плане ускорений необходимо провести еще результирующее ускорение $\vec{a}^r_{cc_4}$, направление которого известно: оно параллельно направляющей относительного поступательного движения звеньев 3 и 4, то есть параллельно линии АС механизма (см. рис. 5.4). Величина вектора неизвестна. Этот вектор должен соединять на плане ускорений точки c_4 и с. Поэтому из точки c_4 , совпадающей с полюсом плана ускорений π (рис. 5.5), проводим линию вектора $\vec{a}^r_{cc_4}$ параллельно направляющей относительного поступательного движения звеньев 3 и 4, то есть параллельно линии АС механизма (см. рис. 5.4). Находим точку пересечения этой линии с линией вектора $\vec{a}^t_{cb}$. Это точка с плана ускорений. В соответствии с уравнением (5.9) обозначаем векторы ускорений на плане ускорений. Измеряем длины полученных векторов ускорений: $pc = 10 \text{ мм}$, $cb = 23,5 \text{ мм}$, $\pi c = 41,5 \text{ мм}$.

Вычисляем величины неизвестных ускорений:

$$a^t_{cb} = pc \cdot \mu_a = 13,5 \cdot 0,575 = 7,76 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{cb} = cb \cdot \mu_a = 18 \cdot 0,575 = 10,35 \text{ м/с}^2;$$

$$a_c = \pi c \cdot \mu_a = 33 \cdot 0,575 = 18,97 \text{ м/с}^2.$$

ВОПРОСЫ

1. Что называют планом ускорений механизма?
2. Ускорения каких точек звеньев находят при построении плана ускорений механизма?
3. Какие два случая расположения рассматриваемых точек встречаются при построении плана ускорений механизма?
4. Какой вид имеют формулы для вычисления нормальной составляющей ускорения в относительном движении двух точек, принадлежащих одному звену и разделенных каким-то расстоянием?
5. Как направлен вектор нормальной составляющей ускорения в относительном движении двух точек, принадлежащих одному звену?
6. Какой вид имеет векторное уравнение, связывающее ускорения двух точек, принадлежащих одному звену?
7. Какой вид имеет векторное уравнение, связывающее ускорения двух совпадающих точек, принадлежащих двум звеньям, образующим поступательную кинематическую пару?
8. Какой вид имеет формула для вычисления тангенциальной составляющей ускорения в относительном движении двух точек, принадлежащих одному звену?
9. Как направлен вектор тангенциальной составляющей ускорения в относительном движении двух точек, принадлежащих одному звену?

10. По какой формуле вычисляют кориолисово ускорение в относительном движении двух совпадающих точек, принадлежащих двум звеньям, образующим поступательную кинематическую пару?

11. Как определяют направление вектора кориолисова ускорения в относительном движении двух точек, принадлежащих двум звеньям, образующим поступательную кинематическую пару?

12. Как направлен вектор релятивного ускорения в относительном движении двух точек, принадлежащих двум звену?

13. В какой последовательности рассматриваются точки звеньев при построении плана ускорений плоского механизма?

14. Какую размерность имеет масштаб плана ускорений механизма?

15. С какой целью определяют линейные ускорения точек звеньев?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Устинов, Ю.Ф. Практикум по теории механизмов и машин [Текст]: учеб. пособие к практическим занятиям для студ. немашиностроит. спец. вузов / Ю.Ф.Устинов, В.А. Нилов, В.А. Муравьев, И.А. Фролов; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т.-2005. - 109 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И.Артоболевский. - М.: Наука, 1988. - 639 с.
3. Артоболевский И.И. Сборник задач по теории механизмов и машин /И.И.Артоболевский, Б.В.Эдельштейн. - М.: Наука, 1975. - 256с.
4. Теория механизмов и механика машин: Учебник /Под ред. К.В.Фролова. – М.: Высш. шк., 2001.- 595 с.
5. Алиева, Н.П. Построение моделей и создание чертежей деталей в системе Autodesk Inventor. Учебное пособие. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.П. Алиева, П.А. Журбенко, Л.С. Сенченкова. – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 112 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1332>.
6. ГОСТ 2.104-68. Основные надписи.
7. ГОСТ 2.701-84 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
8. ГОСТ 2.770—68. Условные обозначения в кинематических схемах.
9. ГОСТ 2.721-74 Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
10. ГОСТ 2.747-68 Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
11. ГОСТ 2.051-2006 Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.
12. ГОСТ 2.303-68 Единая система конструкторской документации. Линии.
13. ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
14. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. - М.: Высш. шк., 1994. 671 с.: ил.

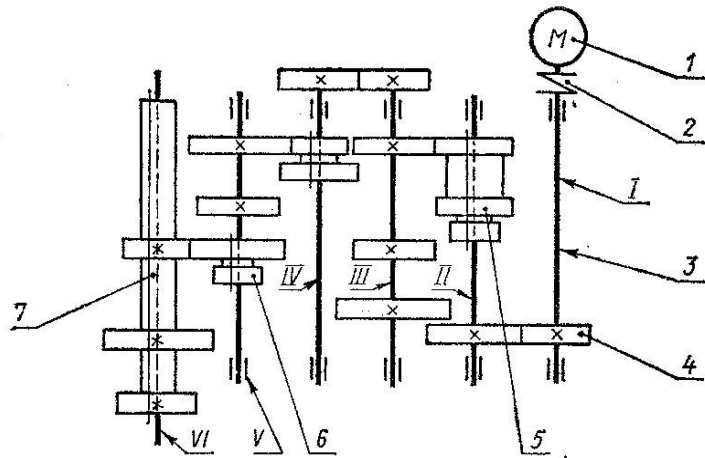
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты индивидуальных графических заданий

1. К какому виду относится приведенная схема?
2. Как связана деталь 6 с валом, на котором она сидит?
3. Сколько разных чисел оборотов может иметь вал IV?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

1 Курс

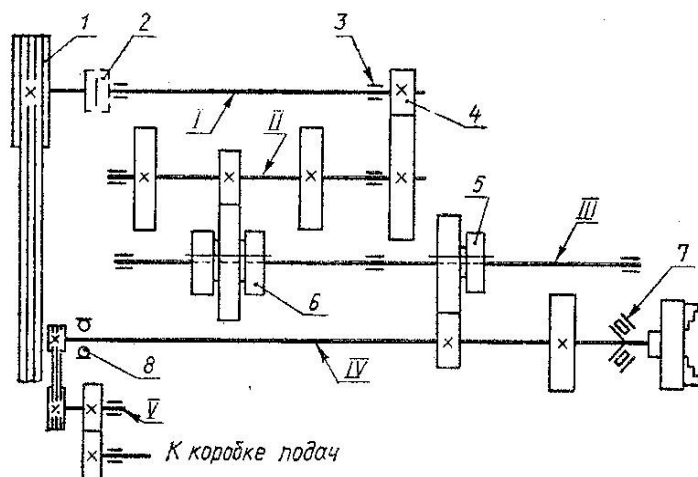
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему механизма скоростей радиально-сверлильного станка по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадях начертите и заполните спецификацию.

1 Вариант

1. К какому виду относится приведенная схема?
2. Какие типы подшипников даны на схеме?
3. Как осуществляется передача вращательного движения с вала I на вал IV?
4. Сколько разных чисел оборотов может иметь вал IV?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.
4. Рабочий орган (коробка подач).



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Шкив, соединенный с валом наглухо	1
и т. д.		

1 Курс

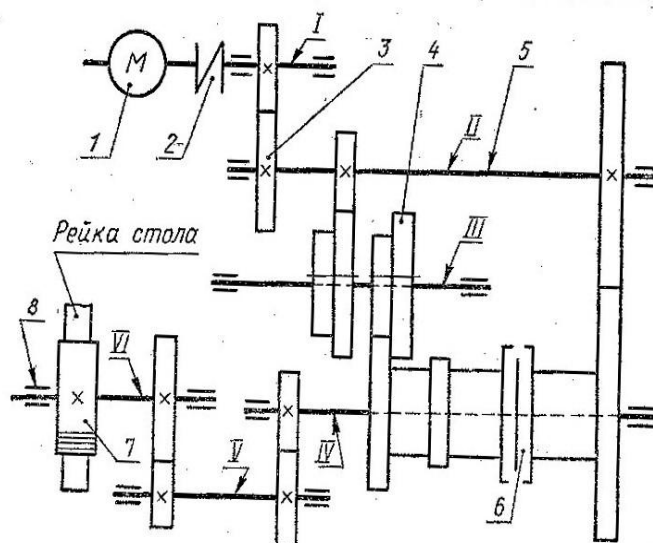
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей и коробки подач токарно-револьверного станка по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадях начертите и заполните спецификацию.

2 Вариант

1. Какими путями может осуществляться передача вращательного движения с вала II на вал IV?
2. Как осуществляется медленный (рабочий) ход стола?
3. Как осуществляется ускоренный (холостой) ход стола?
4. Сколько различных скоростей может иметь стол станка?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.
4. Рабочий орган (рейка стола).



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

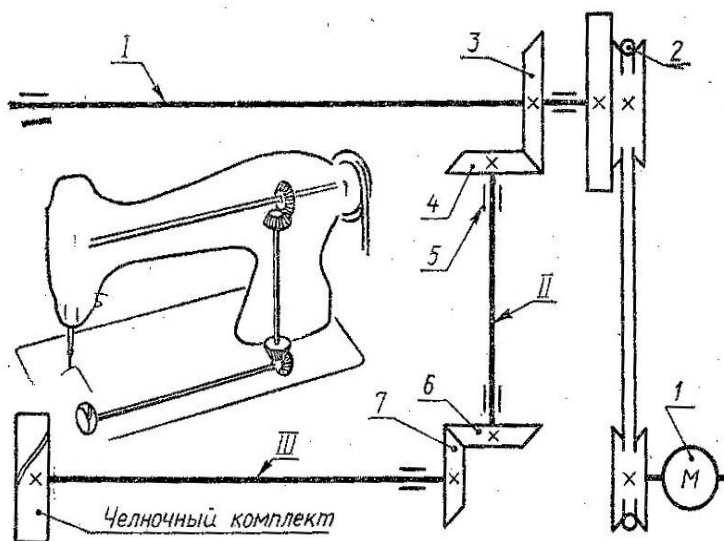
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей продольно-строгального станка по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадях начертите и заполните спецификацию.

3 Вариант

1. К какому виду относится приведенная схема?
2. Какие виды передач имеются на схеме?
3. Одинаковое ли число оборотов имеют валы I и III?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.
4. Рабочий орган (челночный механизм).



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

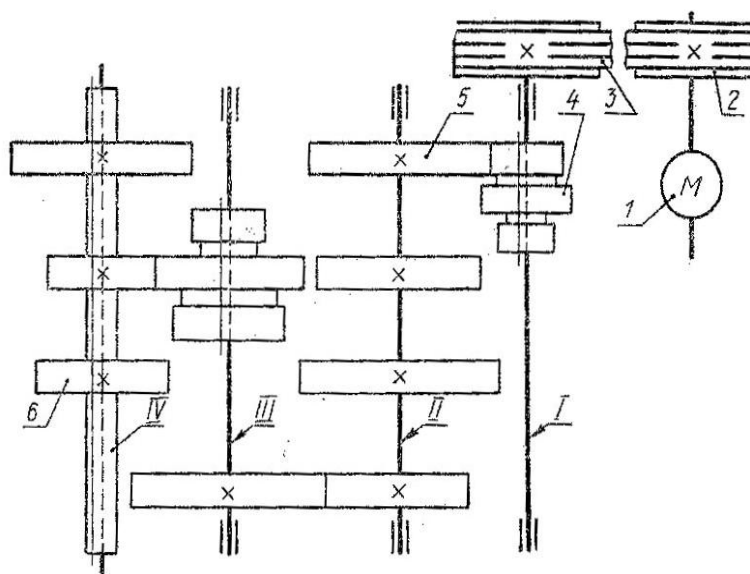
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему механизма швейной машины по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадях начертите и заполните спецификацию.

4 Вариант

1. Как осуществляется передача вращательного движения от электродвигателя на вал II?
2. Сколько шестеренчатых блоков имеется на схеме?
3. Какие типы подшипников даны на схеме?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

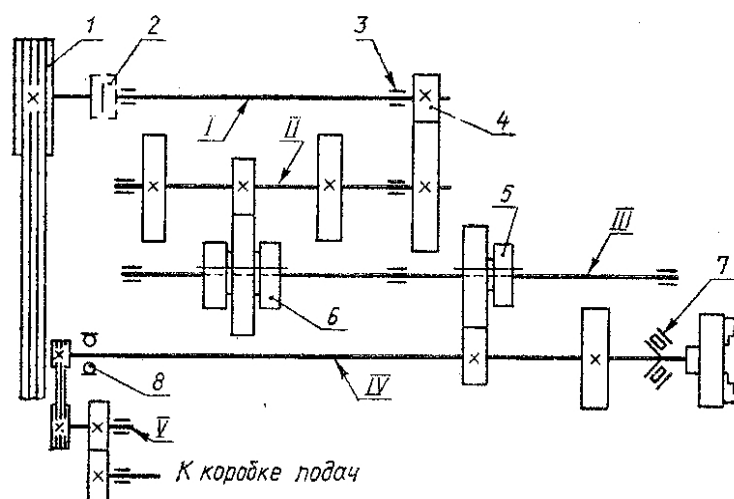
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей вертикально-сверлильного станка.
3. В рабочих тетрадах начертите и заполните спецификацию.

5 Вариант

1. К какому виду относится приведенная схема?
2. Какие типы подшипников даны на схеме?
3. Как осуществляется передача вращательного движения с вала I на вал IV?
4. Сколько разных чисел оборотов может иметь вал IV?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.
4. Рабочий орган (коробка подач).



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Шкив, соединенный с валом наглухо	1
и т. д.		

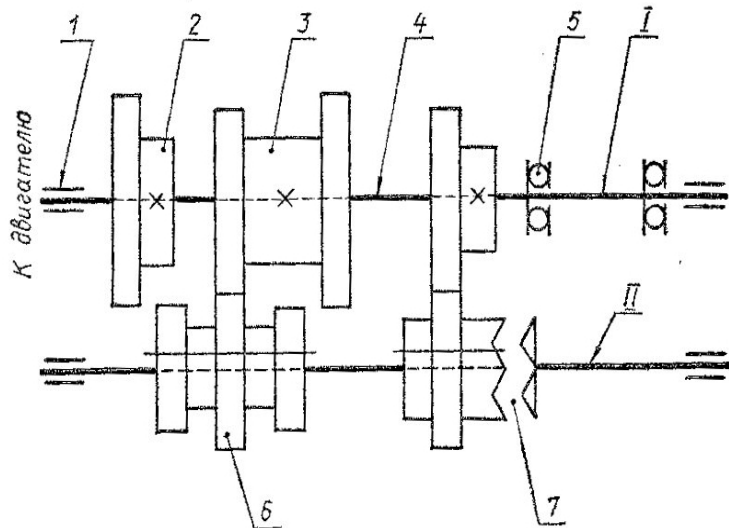
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей и коробки подач токарно-револьверного станка по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадах начертите и заполните спецификацию.

6 Вариант

1. К какому виду относится схема, данная на чертеже?
2. Сколько разных чисел оборотов может иметь вал II?
3. Сколько шестеренчатых блоков имеется на схеме?

Последовательность
чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Подшипник скольжения, радиальный	4
и т. д.		

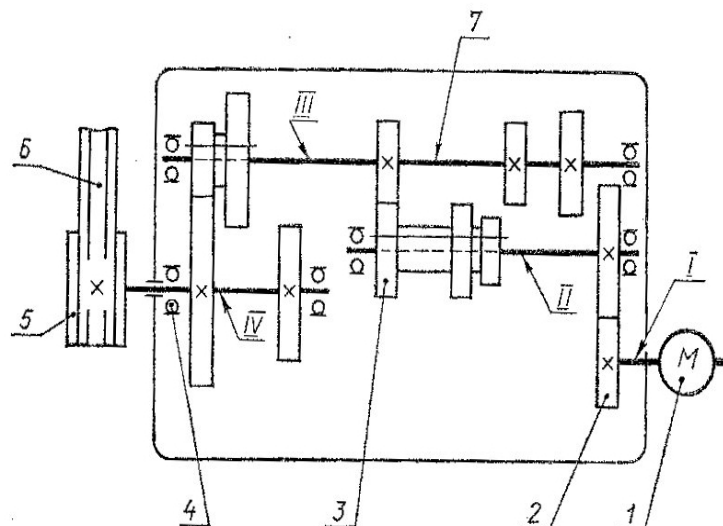
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки подачи токарно-винторезного станка ТВ-4.
3. В рабочих тетрадах начертите и заполните спецификацию.

7 Вариант

1. Как осуществляется передача вращательного движения от электродвигателя на вал III?
2. Сколько неподвижно закрепленных шестерен имеется на схеме?
3. Какие типы подшипников даны на схеме?

Последовательность
чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей горизонтально-фрезерного станка.
3. В рабочих тетрадах начертите и заполните спецификацию.

8 Вариант

-
- The diagram illustrates a mechanical drive system for a conveyor. It features a horizontal shaft labeled 'К двигателю' (To the motor) at the left end. This shaft is connected to a series of components: a pulley (1), a coupling (2), a pulley (3), a coupling (4), and a pulley (5). The shaft then branches into two parallel shafts. The upper shaft is connected to a pulley (6) and a coupling (7). The lower shaft is connected to a pulley (8) and a coupling (9). The shafts are supported by bearings (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). The shafts are connected to a series of pulleys (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100) and couplings (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). The shafts are connected to a series of pulleys (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100) and couplings (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.

Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Подшипник скольжения, радиальный	4
и т. д.		

1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки подач токарно-винторезного станка ТВ-4.
3. В рабочих тетрадях начертите и заполните спецификацию.

9 Вариант

-

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.

Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

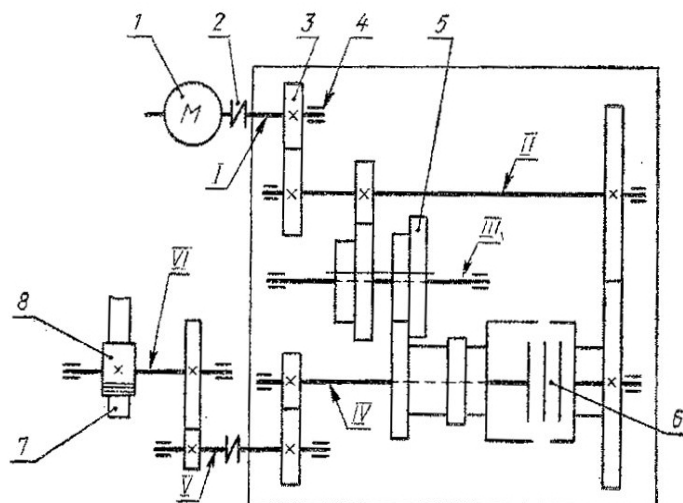
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей горизонтально-фрезерного станка.
3. В рабочих тетрадях начертите и заполните спецификацию.

10 Вариант

1. К какому виду относится схема, изображенная на чертеже?
2. Сколько разных чисел оборотов может иметь вал IV?
3. Какие типы подшипников даны на схеме?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.
4. Рабочий орган (рейка стола).



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
1	Двигатель	1
и т. д.		

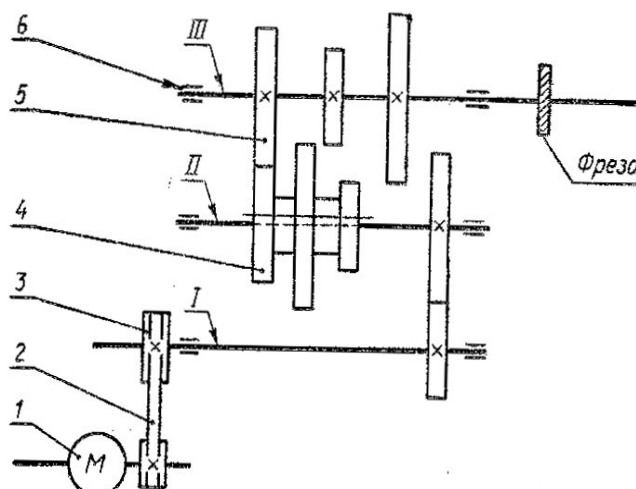
1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей продольно-строгального станка по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадах начертите и заполните спецификацию.

11 Вариант

1. К какому виду относится приведенная схема?
2. Как связана деталь 4 с валом, на котором она сидит?
3. Сколько разных чисел оборотов может иметь вал III?

Последовательность чтения схемы

1. Двигатель.
2. Привод.
3. Блок шестерен и варианты их зацепления.
4. Рабочий орган (фреза).



Образец заполнения спецификации

Поз.	Наименование	Кол.
5	Шестерня, глухо закрепленная на валу	1
и т. д.		

1. Ответьте на вопросы.
2. Прочтите схему коробки скоростей настольного фрезерного станка по приведенному плану.
3. В рабочих тетрадах начертите и заполните спецификацию.

12 Вариант

Схемы и наглядные изображения технических устройств

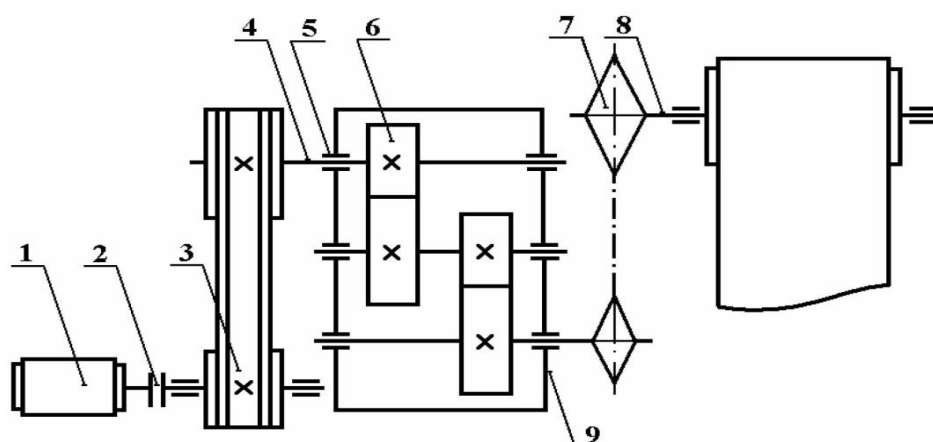


Рис.1. Кинематическая схема электромеханического привода:

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – клиноременная передача; 4 – вал; 5 – подшипник; 6 – зубчатая передача; 7 – цепная передача; 8 – RBM (рабочий вал машины); 9 – корпус редуктора

Примечание

Поз. 8 и 9 расшифровывается преподавателем, поз. 1 – 7 – студенты определяют самостоятельно.

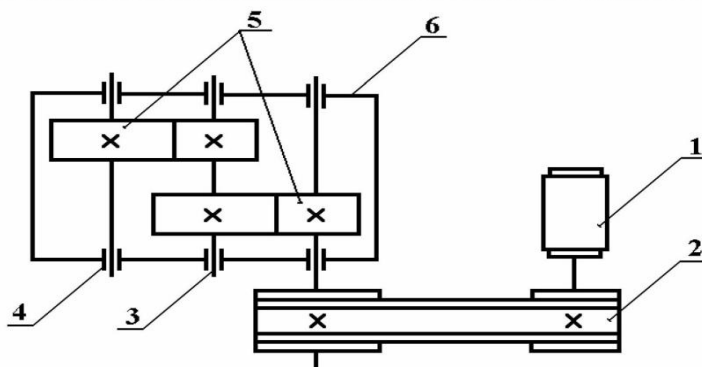


Рис. 2. Кинематическая схема привода с цилиндрическим зубчатым редуктором:

1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – вал; 4 – подшипник; 5 – зубчатая передача; 6 – корпус редуктора

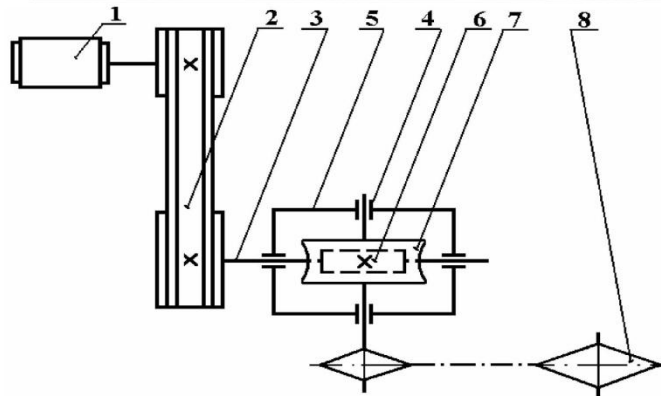
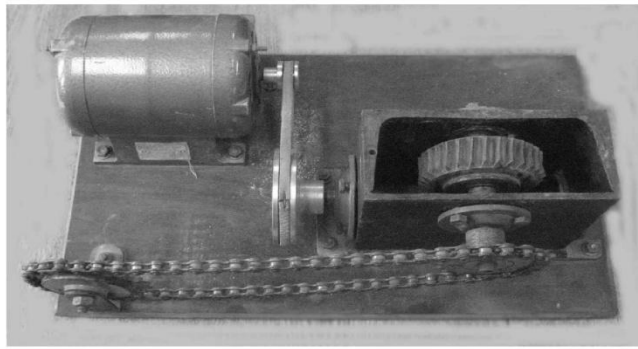


Рис. 3. Кинематическая схема привода с червячным редуктором:

1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – вал; 4 – подшипник; 5 – корпус редуктора; 6 – червяк; 7 – червячное колесо; 8 – цепная передача

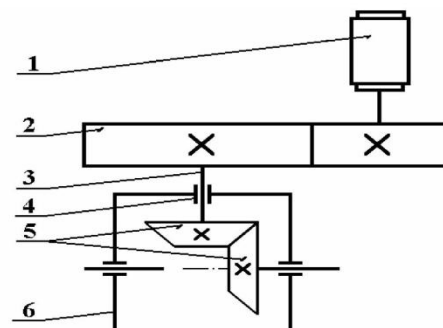
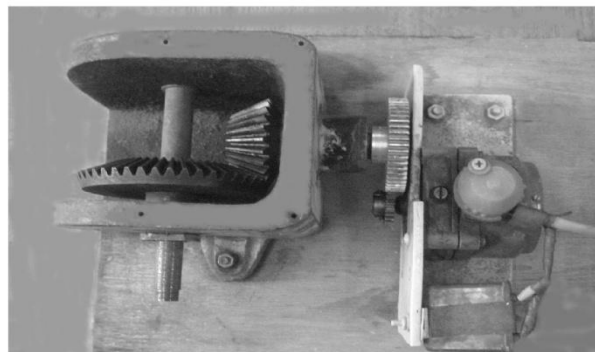


Рис. 4. Кинематическая схема привода с коническим зубчатым редуктором:

1 – электродвигатель; 2 – открытая зубчатая передача; 3 – вал; 4 – подшипник; 5 – коническая зубчатая передача; 6 – корпус редуктора

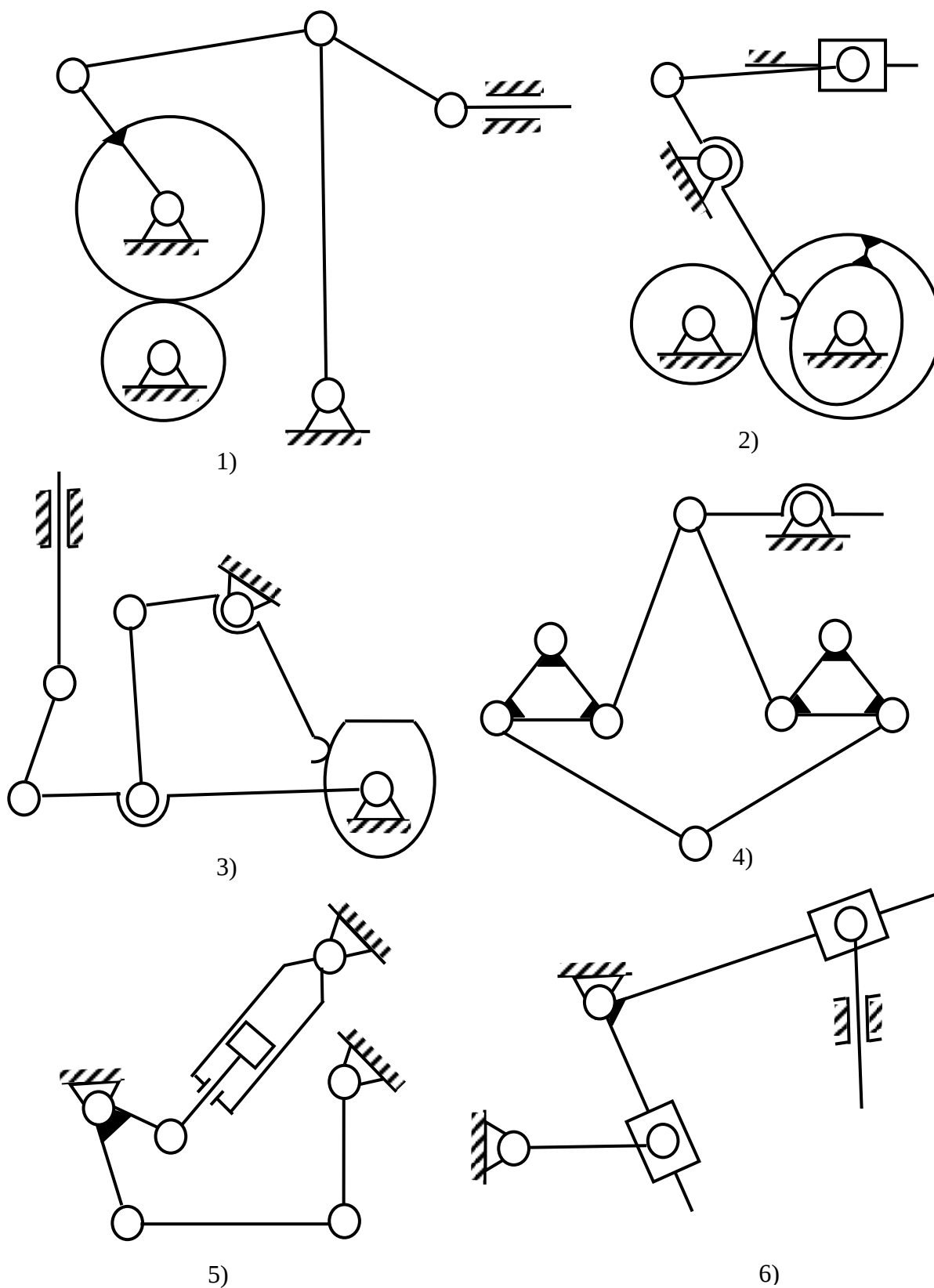
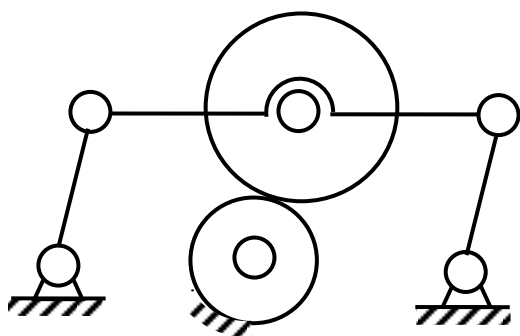
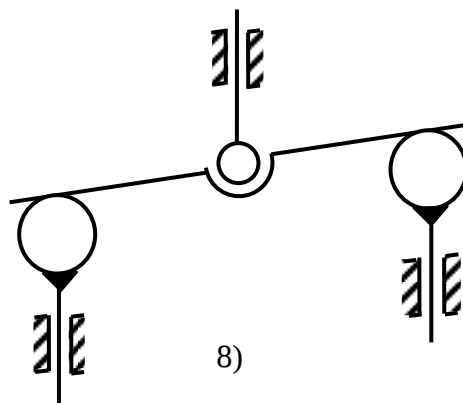


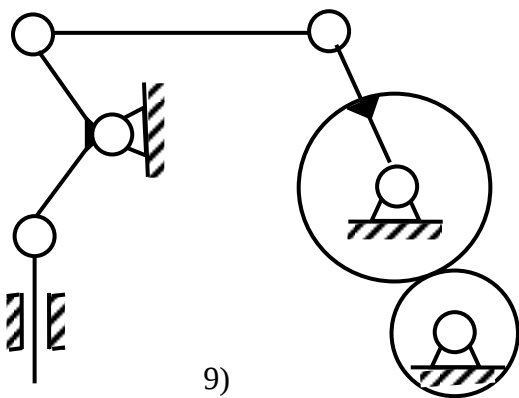
Рис. 2.6. Кинематические схемы плоских механизмов



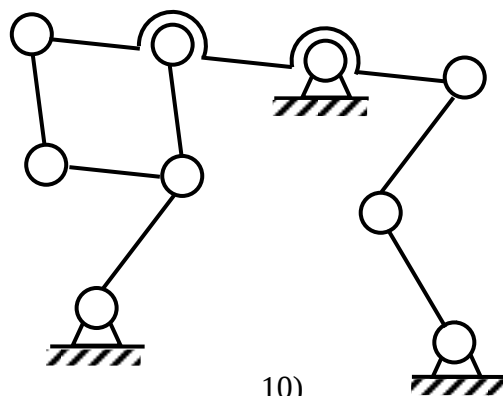
7)



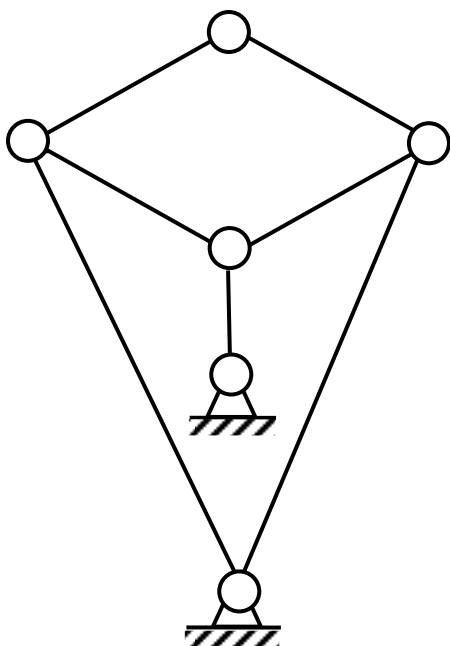
8)



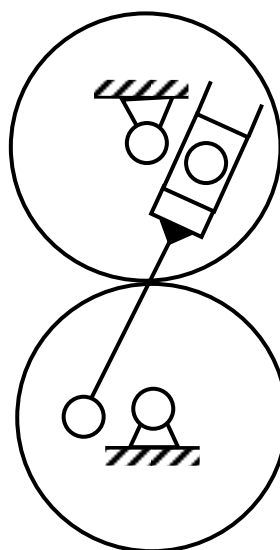
9)



10)

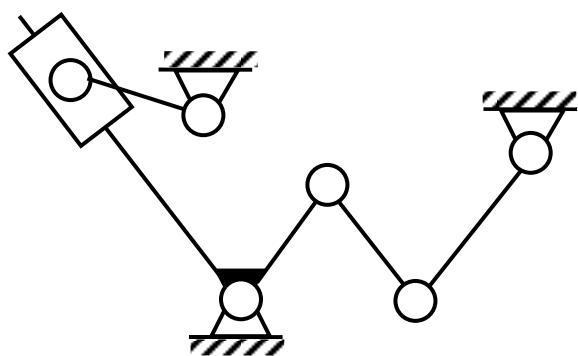


11)

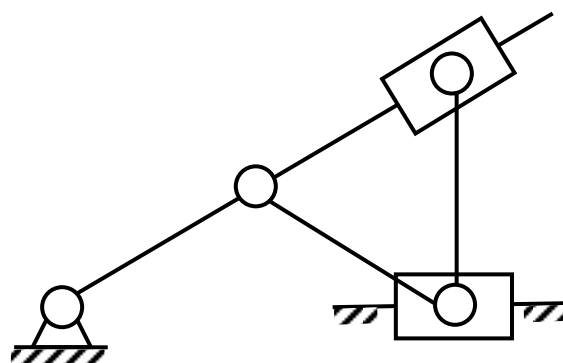


12)

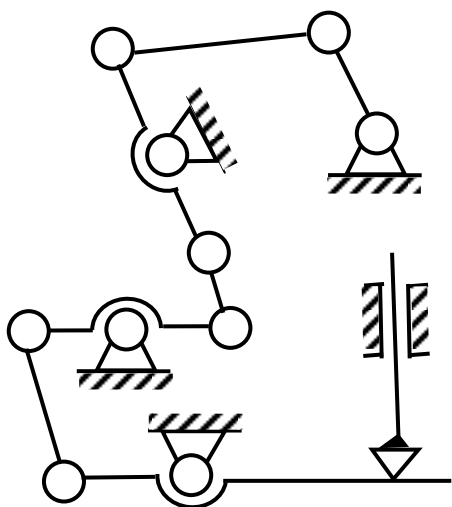
Рис. 2.6 (продолжение)



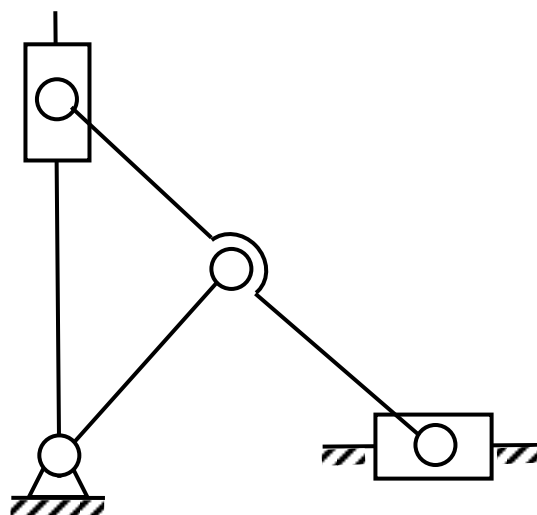
13)



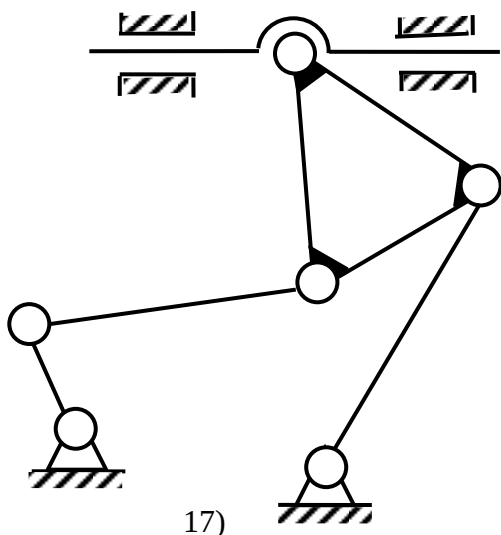
14)



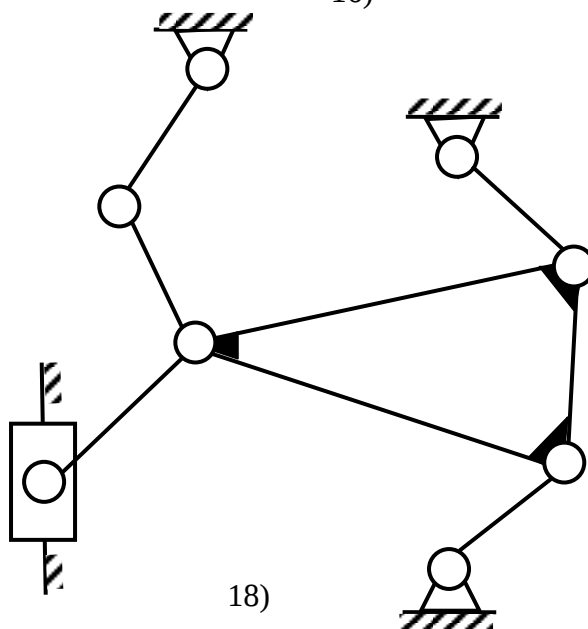
15)



16)



17)



18)

Рис. 2.6 (продолжение)

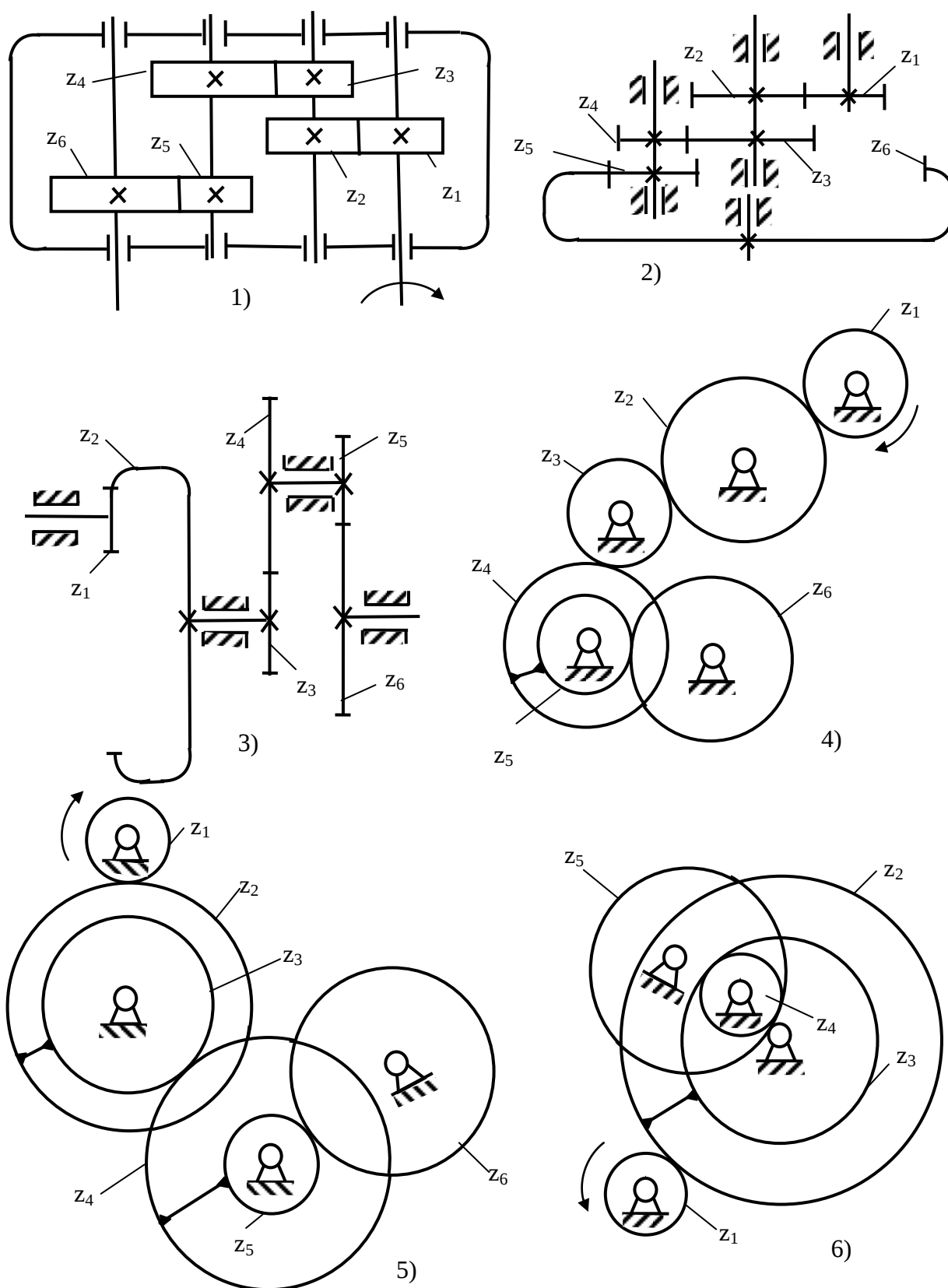


Рис. 3.3 Кинематические схемы простых цилиндрических прямозубых передач

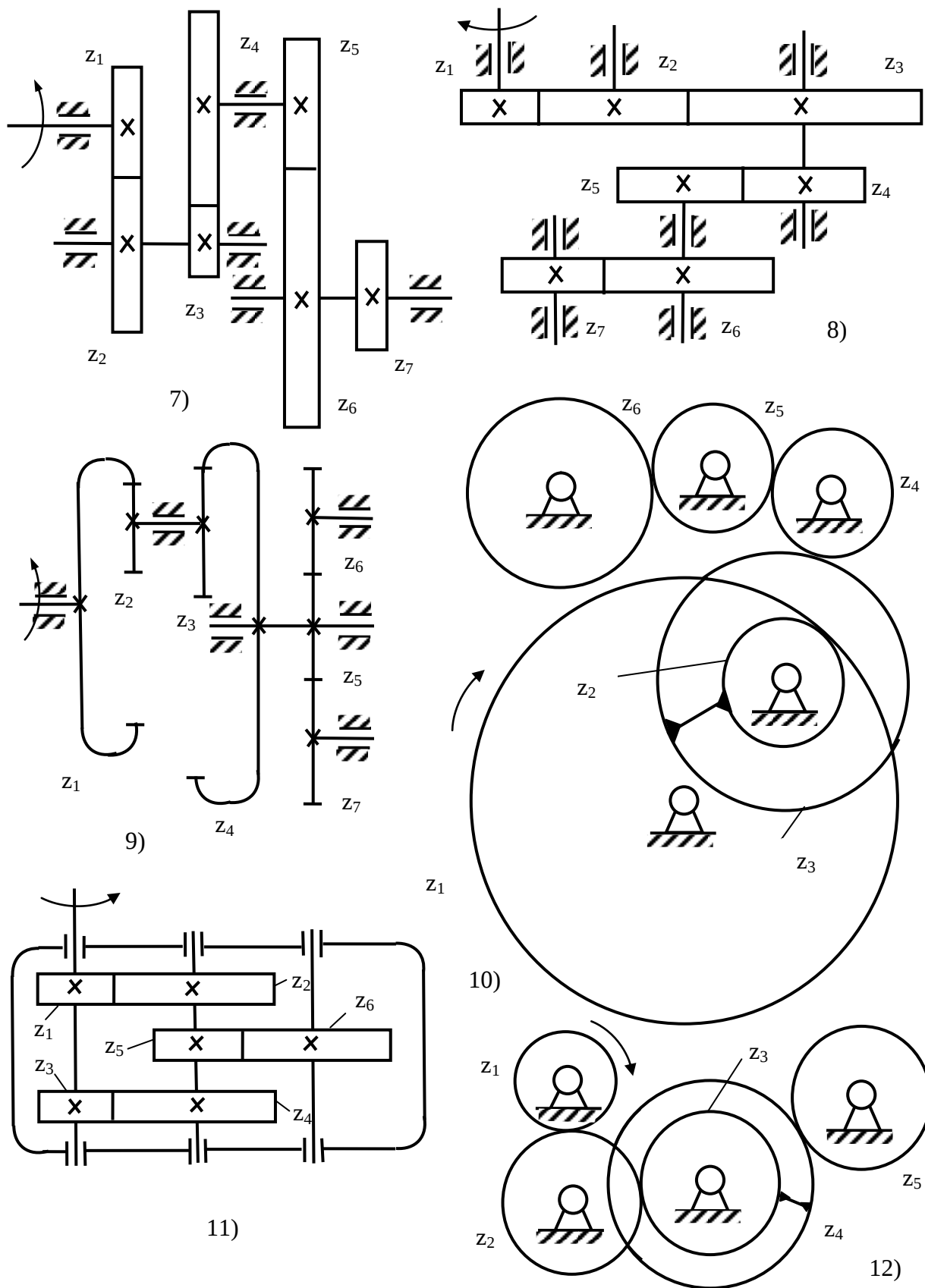


Рис. 3.3 (продолжение)

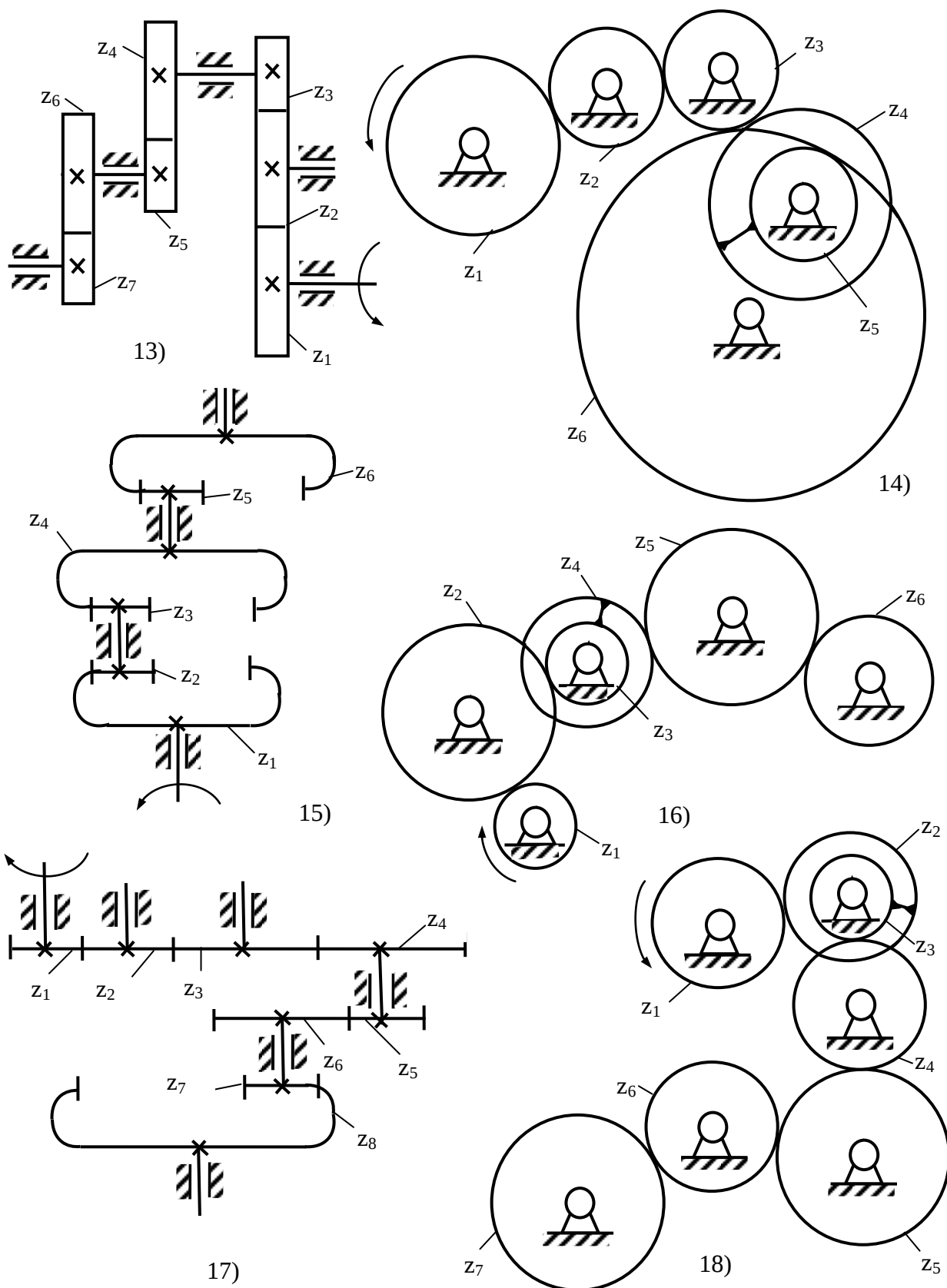


Рис. 3.3 (продолжение)

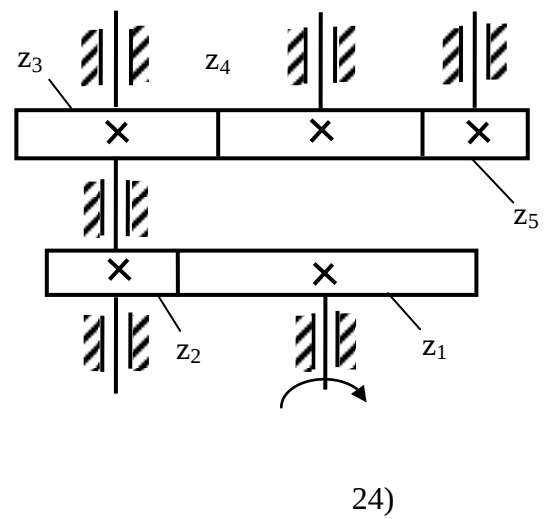
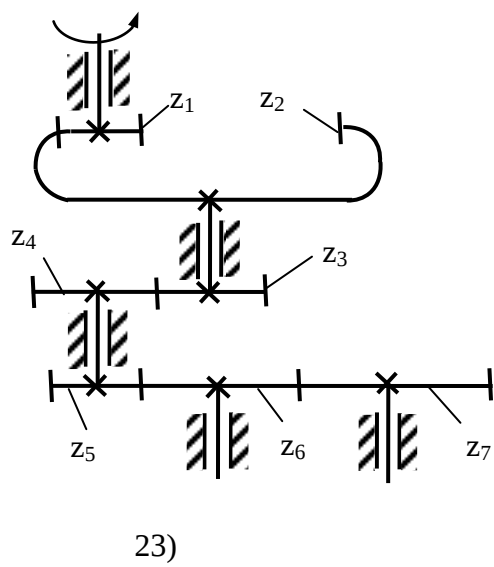
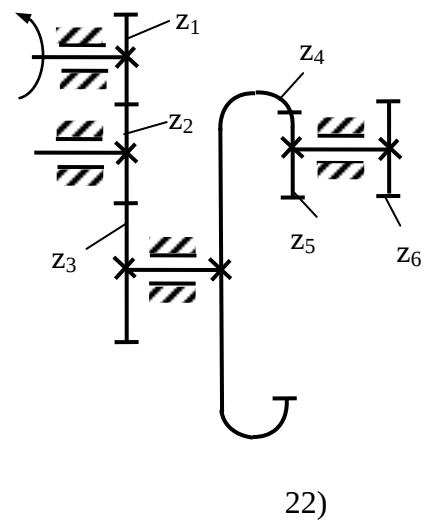
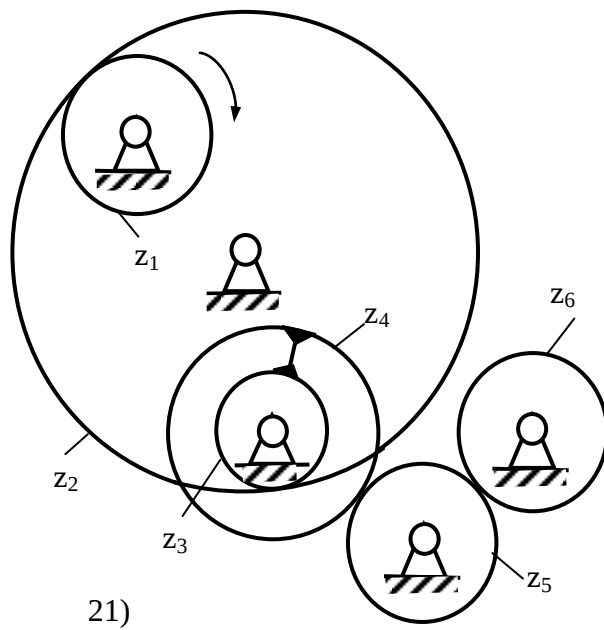
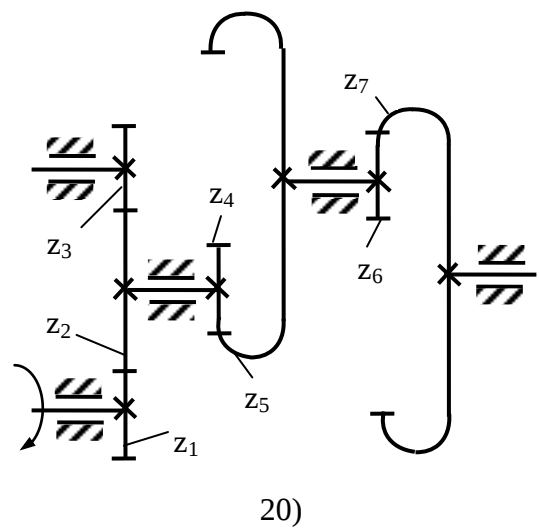
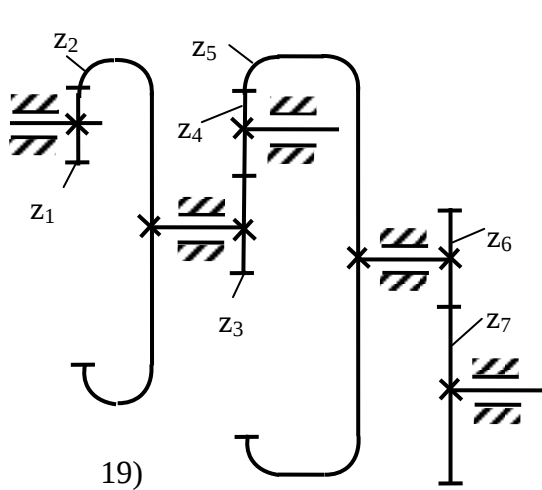


Рис. 3.3 (продолжение)

Таблица 3.1

Величины, заданные для решения задания 3

Номер схемы передачи	n_1 (мин ⁻¹)	z_1	z_2	z_3	$z_4 = z_8$	z_5	z_6	z_7
1	1000	20	35	18	72	20	60	-
2	1250	15	45	60	20	25	100	-
3	600	60	15	45	15	80	20	-
4	1100	18	36	18	72	18	72	-
5	1430	15	60	50	60	30	50	-
6	1500	18	90	50	25	50	-	-
7	1000	20	40	22	88	30	90	30
8	400	20	35	55	40	40	50	25
9	960	80	20	35	115	30	30	40
10	2000	120	30	50	22	34	60	-
11	800	30	50	30	50	30	60	-
12	2200	15	30	30	50	30	-	-
13	1500	30	30	15	24	12	28	14
14	950	50	25	25	50	25	100	-
15	750	80	20	25	75	20	100	-
16	1000	18	54	18	30	65	40	-
17	550	22	38	42	66	20	50	22
18	2950	24	34	20	30	60	20	60
19	1340	18	54	20	18	60	16	32
20	2800	15	30	15	18	72	24	72
21	1500	20	105	15	40	20	20	-
22	730	12	24	48	80	40	32	-
23	500	25	75	25	50	25	32	50
24	300	60	20	40	30	12	-	-

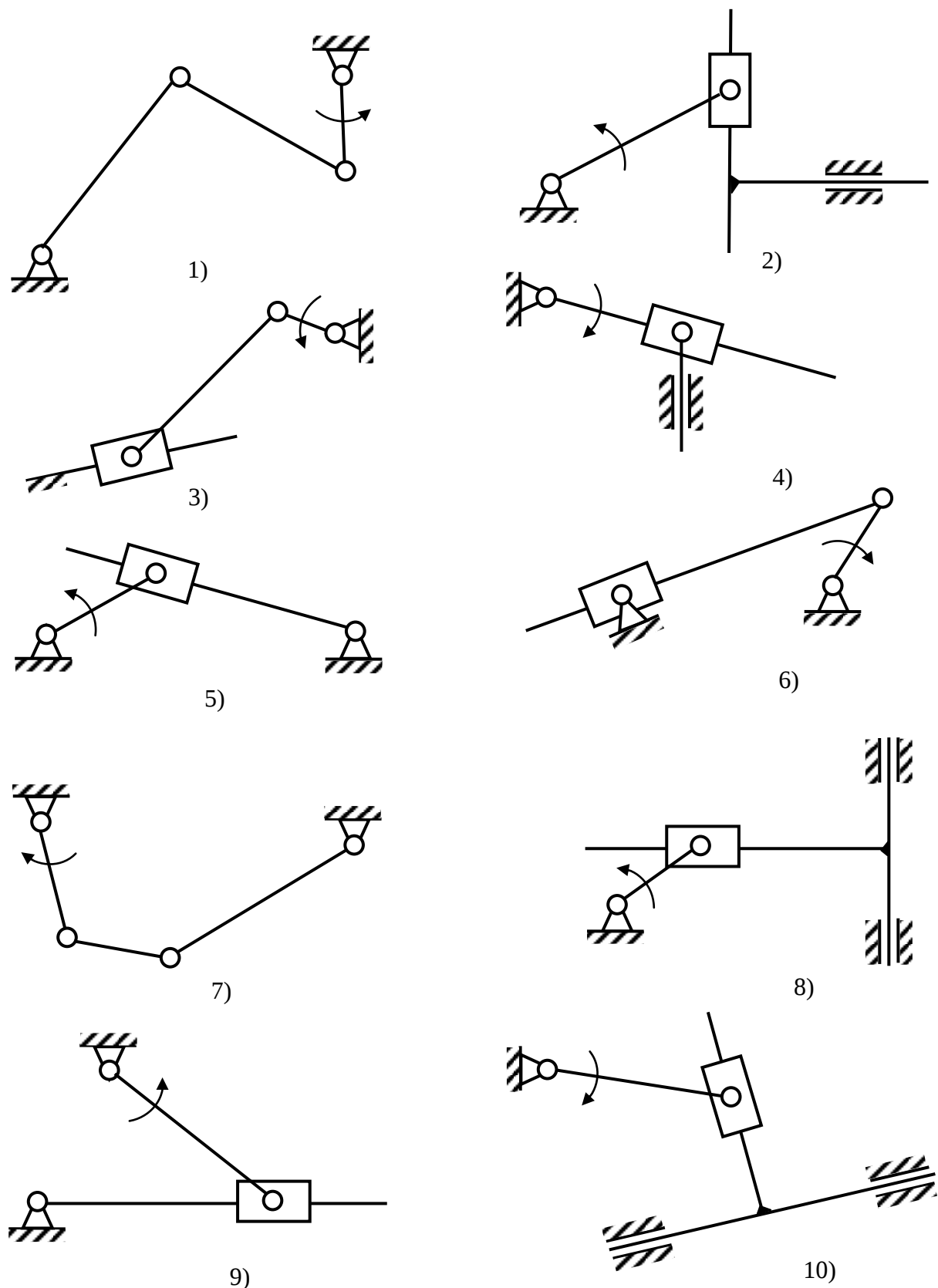
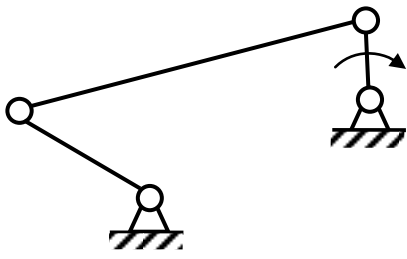
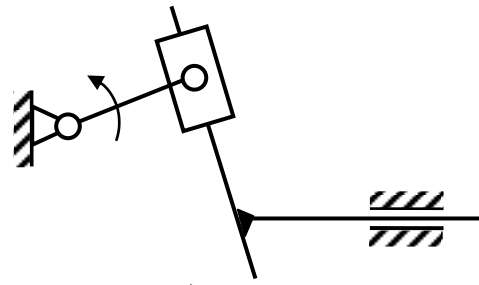


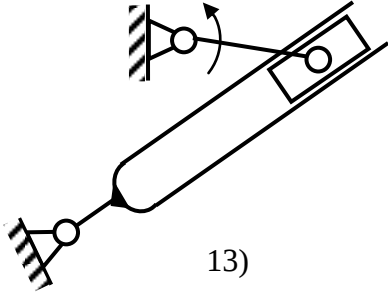
Рис. 4.3. Схемы четырехзвенных плоских механизмов



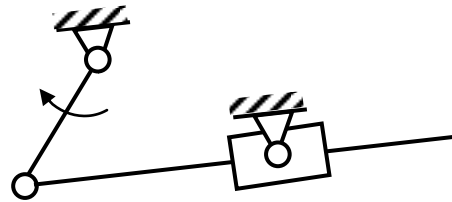
11)



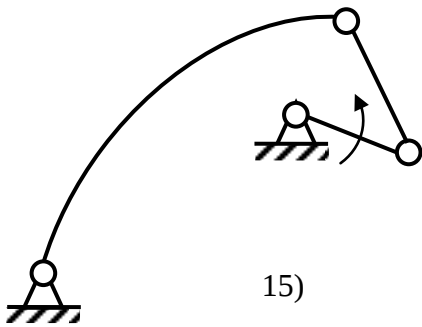
12)



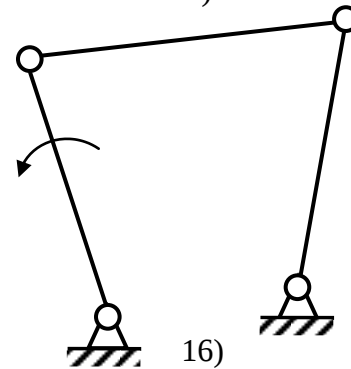
13)



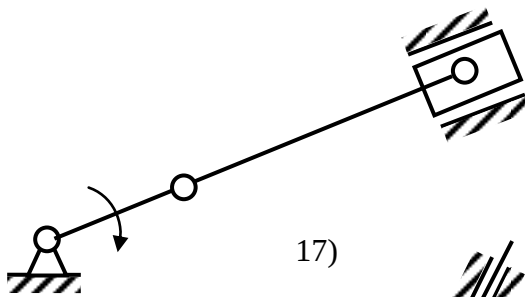
14)



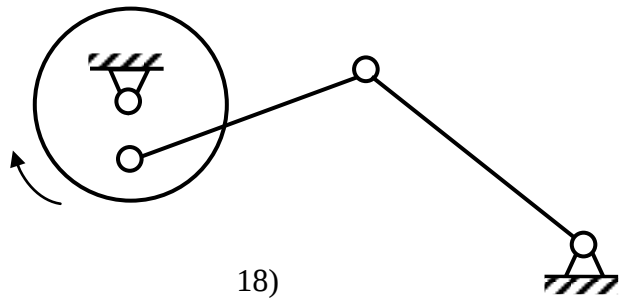
15)



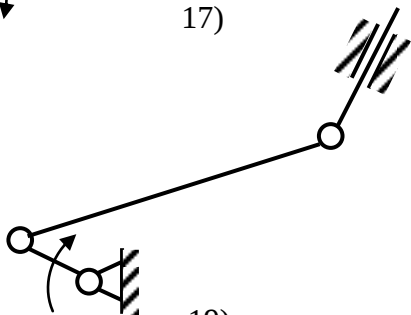
16)



17)



18)



19)

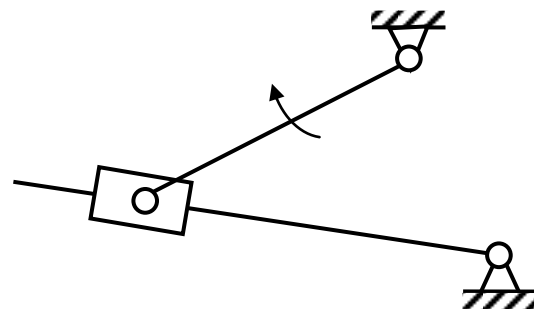
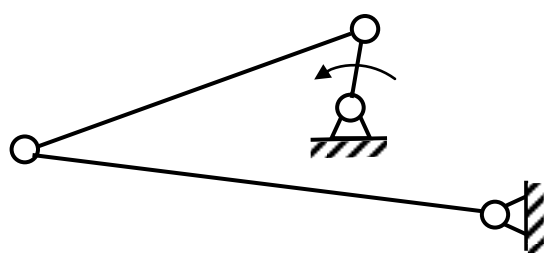
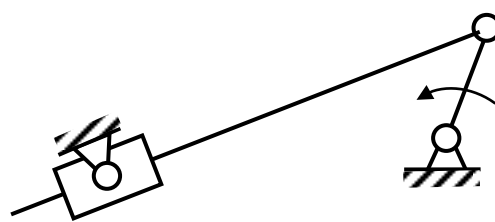


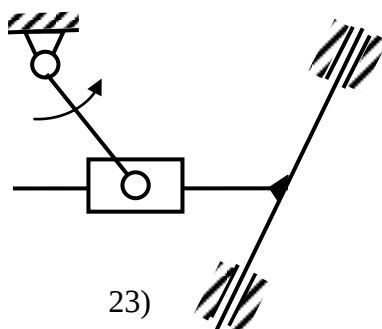
Рис. 4.3 (продолжение)



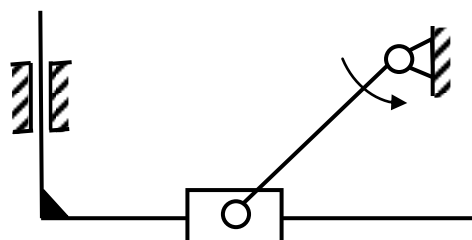
21)



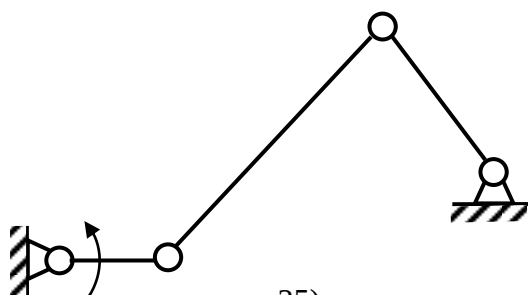
22)



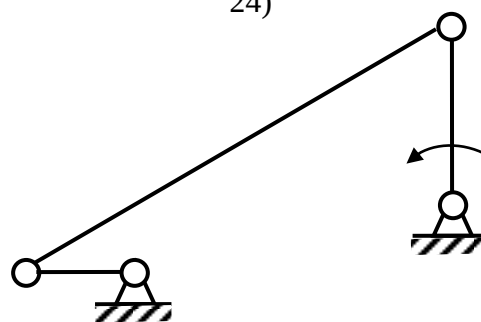
23)



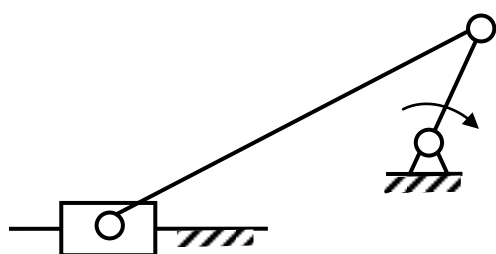
24)



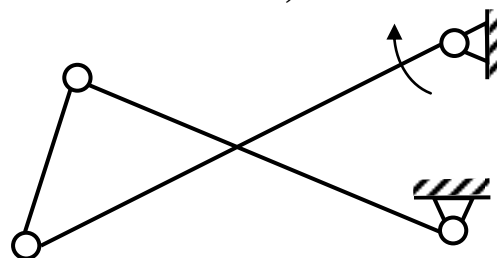
25)



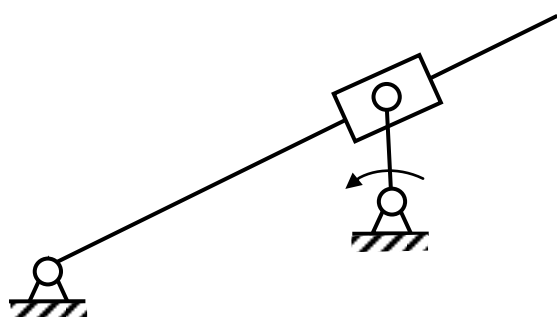
26)



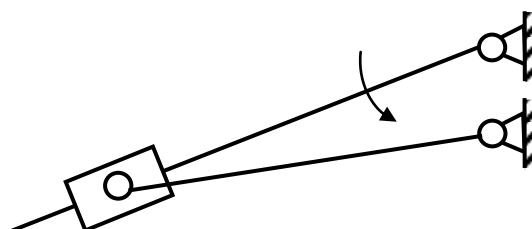
27)



28)



29)



30)

Рис. 4.3 (окончание)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

*Методические указания
для выполнения практических работ по дисциплине*

*Составители: **Худаймуратов** Мурат Абдуллаевич,
Осипов Константин Николаевич*

В авторской редакции

Изд. № 150/2020. Объем 4,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»