

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической механики и инженерной графики

В.К. Харина

МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие

по выполнению контрольного домашнего задания

*для студентов II курса
направления 23.03.01
очной формы обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2021

УДК 531+539.3/.6
ББК 531
Х20

Рецензент:

Пермякова В.В. – канд. техн. наук, доцент

Харина В.К.

Х20

Механика [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению контрольного домашнего задания / В.К. Харина. – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – 40 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Механика» по учебному плану для студентов II курса направления 23.03.01 очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 14.04.2021 г. и методического совета 15.04.2021 г.

УДК 531+539.3/.6
ББК 531

Данное пособие предназначено для студентов II курса очного обучения направления 23.03.01 в качестве пособия по изучению дисциплины «Механика».

Механика является общеинженерной дисциплиной и научной основой целых отраслей промышленности и современной техники.

Цель изучения дисциплины – получение будущими инженерами знаний и навыков по выполнению расчетов, что необходимо при изучении специальных дисциплин, а также в профессиональной деятельности.

Дисциплина «Механика» изучается студентами на втором курсе.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Механика» для студентов направления 23.03.01 изучается студентами на втором курсе и включает в себя несколько разделов: теоретическая механика (статика, кинематика, динамика), сопротивление материалов и детали машин, которые включают в себя изучение общих законов движения и равновесия материальных тел.

Изучение дисциплины представлено лекциями, экспериментальной частью и практическими занятиями, а также предусматривается самостоятельное выполнение заданий, соответственно программе.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Цель преподавания дисциплины.

Изучение общих законов движения и равновесия материальных тел для формирования научной базы современной авиационной техники и для формирования базы знаний для изучения прикладной механики, и других дисциплин необходимых будущему инженеру.

Курс дает основные знания и умения для изучения современной авиационной техники.

3. СТРУКТУРА КУРСА

Курс объединяет два больших раздела механики – теоретическую механику и прикладную механику.

В части теоретической механики студенты изучают три ее раздела: статику, кинематику, динамику.

В части статики даются основные понятия и аксиомы статики, рассматривается равновесие системы сходящихся сил, теория пар сил, система сил, произвольно расположенных на плоскости и в пространстве, центр параллельных сил и центр тяжести.

В части кинематика даются характеристики и основные понятия кинематики, рассматривается кинематика точки, кинематика твердого тела, сложное движение точки и твердого тела.

В части динамика даются характеристики и основные понятия динамики, рассматривается динамика точки, виды движения точки, общие теоремы динамики точки.

В части прикладной механики изучаются основы сопротивления материалов и детали машин.

В части сопротивление материалов изучаются вопросы механики деформируемого тела - вопросы прочности и жесткости при различных видах деформирования: растяжения-сжатия, кручения, изгиба. Даются основы расчетов на прочность.

В части детали машин рассматриваются основные виды зацеплений. Геометрические параметры зубчатого колеса, определение передаточного отношения пары зубчатых колес. Рассматриваются требования, предъявляемые к деталям и узлам механизмов.

4. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ

Изучать материал рекомендуется по темам (пункты лекций или параграфы учебника). При изучении необходимо понять смысл всех определений и теорем. По каждой теме нужно составить конспект. Необходимо применять полученные знания для приобретения навыков решения задач. Для этого рекомендуется изучить соответствующую тему и ответить на вопросы, предназначенные для проверки понимания данной темы. Далее перейти к решению задач. Указания по выполнению задач приводятся после определенного раздела.

4.1 СТАТИКА

ТЕМА 4.1.1. Основные понятия и исходные положения статики.

Основные вопросы темы: основные понятия и аксиомы статики, связи и их реакции, абсолютно твердое тело, задачи статики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение твердому телу, материальной точке, системы материальных точек.
2. Объяснить что такое механическая сила, система сил.
3. Определение силы на плоскости и в пространстве.
4. Эквивалентная система сил, уравновешенные силы.
5. Равнодействующая произвольной системы сил.
6. Главный вектор произвольной системы сил.
7. Дать понятие сходящейся системы сил.
8. Перечислите аксиомы статики.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ §1- 4].

ТЕМА 4.1.2. Сложение сил. Система сходящихся сил.

Основные вопросы темы: Геометрический способ сложения сил. Равнодействующая сходящихся сил, разложение сил. Проекция силы на ось и на плоскость. Равновесие системы сходящихся сил. Решение задач статики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните что такое механические связи и как они классифицируются.
2. Реакции связей.
3. Сформулируйте теорему о трех уравновешенных силах.
4. Объясните как складываются две параллельные силы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ §5 - 7].

Рекомендации к порядку выполнения задач:

1. выбрать тело, равновесие которого рассматривается для установления неизвестных величин;
2. графически изобразить активные силы, действующие на тело;
3. заменить связи, действующие на тело реакциями связей (по закону освобождаемости);
4. рассмотреть равновесие несвободного абсолютно твердого тела, как свободного, приложив к нему реакции связей;
5. определить количество неизвестных величин в задаче;
6. выбрать оси координат и составить уравнения равновесия, учитывая все силы, действующие на тело, и реакции связей;
7. определить искомые величины, решив уравнения равновесия.

ТЕМА 4.1.3. Момент силы относительно точки. Пара сил. Трение.

Основные вопросы темы: Момент силы относительно точки Пара сил. Момент пары. Сложение пар сил. Теорема об эквивалентности и о сложении пар. Условия равновесия пар сил в плоскости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте теорему о параллельном переносе силы.
2. Дайте определение главному вектору данной системы сил.
3. Дайте определение главному моменту системы сил относительно данной точки.
4. Дать определение понятию «центр тяжести».

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ § 8 -10].

ТЕМА 4.1.4. Плоская система сил. Центр тяжести.

Основные вопросы темы: составление уравнения равновесия. Как определяются координаты центра тяжести, какими способами можно определить положение центра тяжести.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте основную теорему статики, теорему Вариньона.
2. Объясните в чем заключаются геометрические и аналитические условия равновесия плоской системы.
3. Объясните что такое момент силы относительно точки как вектор.

Правило знаков.

Рекомендации к порядку выполнения задач:

1. графически изобразить схему исходной конструкции;
2. установить тип механических связей;
3. заменить связи, действующие на тело реакциями связей (по закону освобождаемости);
4. изобразить объект равновесия вместе с приложенными к нему силами (заданными и реакциями связей), т.е. построить расчетную схему;
5. составить систему уравнений равновесия статики;
6. проверить необходимые условия, при которых количество неизвестных должно совпадать с числом уравнений для рассматриваемой системы сил;
7. определить искомые величины, решив уравнения равновесия, сделать проверку решения и провести его анализ;

В механике часто возникает необходимость рассчитать усилия во внутренних шарнирах, соединяющих различные части конструкций и образующих составную конструкцию.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ § 11 -13].

4.2 КИНЕМАТИКА

ТЕМА 4.2.1. Кинематика точки.

Основные вопросы темы: Основные понятия кинематики точки. Векторный, естественный и координатный способ задания движения точки.

Векторы скорости и ускорения. Определение скорости и ускорения. Равномерное и равнопеременное движение точки, законы этих движений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните сущность движения с точки зрения кинематики.
2. Объясните, в чем заключаются векторный, координатный и естественный способы задания движения точки.
3. Как определить скорость и ускорение точки при векторном, координатном и естественном способе задания движения.
Объяснить что такое путь, пройденный точкой, и чем он отличается от закона ее движения по траектории.
4. Перечислить и охарактеризовать виды движения точки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ § 36 - 47].

Решение задач на определение закона движения и уравнения траектории точки выполняются в определенной последовательности:

1. выбирается система координат, начало координат, исходя из условия задачи, таким образом, чтобы упростить решение задачи;
2. для выбранной системы координат составляются уравнения движения точки (зависимость координат точки от времени);
3. по уравнению движения точки определяется ее положение в любой момент времени, устанавливается направление ее движения.

ТЕМА 4.2.2. Поступательное и вращательное движение твердого тела.

Основные вопросы темы: Кинематика твердого тела при простейших видах движения. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Скорость и ускорение точки твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение скорости и ускорения при поступательном движении.

2. Определение угловой скорости и углового ускорения при вращательном движении.

3. Дать определение мгновенному центру скоростей (МЦС) и мгновенному центру ускорений (МЦУ).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ § 48-51].

ТЕМА 4.2.3. Плоскопараллельное движение твердого тела.

Основные вопросы темы: Кинематика твердого тела при его сложном движении.

Разложение движения твердого тела на поступательное и вращательное.

Определение скоростей и ускорений точек свободного твердого тела.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение скорости и ускорения любой точки свободного твердого тела.

2. Дайте определения абсолютного, относительного и переносного движения точки.

3 Мгновенный центр скоростей и мгновенный центр ускорений.

4. Абсолютное, относительное и переносное движение точки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ §52 -60].

4.3 ДИНАМИКА

ТЕМА 4.3.1 Введение в динамику. Законы динамики.

Основные вопросы темы: материальная точка, основные понятия и определения
Задачи динамики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как записать дифференциальные уравнения свободного движения материальной точки?
2. Как сформулировать первую задачу динамики?
3. Как сформулировать вторую задачу динамики?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ § 64 - 72].

ТЕМА 4.3.2. Общие теоремы динамики точки.

Основные вопросы темы: теоремы динамики. Прямая и обратная задачи динамики материальной точки. Основные виды сил. Дифференциальные уравнения движения точки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Подумайте как сформулировать и записать дифференциальные уравнения свободного движения материальной точки.
2. Подумайте как сформулировать и записать дифференциальные уравнения несвободного движения материальной точки.
3. Дайте объяснения первой задачи динамики.
4. Дайте объяснения второй задачи динамики.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М. Высшая школа, 2007, [§ § 83 – 85, 87-89,90].

4.4. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

ТЕМА 4.4.1 Введение. Основные задачи и методы сопротивления материалов.

Основные вопросы темы: основные понятия и гипотезы. Силы и их классификация. Внутренние силовые факторы. Метод сечений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите механические свойства материалов.
2. Какие гипотезы используются для идеализации свойств материала конструкции.
3. Дайте определение бруса, пластины, стержня, балки, вала.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 2.1].

ТЕМА 4.4.2 Внутренние силовые факторы. Эпюры.

Основные вопросы темы: понятие о напряженном и деформированном состояниях. Общие принципы расчета элементов конструкций на прочность и жесткость. Построение эпюр.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принцип метода сечений.
2. Условия прочности.
Правила построения эпюр.
3. Дайте определение главным и касательным напряжениям.
4. Какие модели напряжений используют в расчетах конструкций?
5. Дайте определение нормальным и касательным напряжениям.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. 1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 2.2].

ТЕМА 4.4.3 Растяжение и сжатие.

Основные вопросы темы: Внутренние силы. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии. Закон Гука. Напряженное и деформированное

состояния. Испытание на растяжение. Диаграммы растяжения. Условия прочности и жесткости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные механические характеристики материалов.
2. Объясните теорию упругости.
3. Что такое запас прочности?
4. Дайте определение предельному и допускаемому напряжению.
5. Как вычисляется работа внешних сил при растяжении (сжатии)?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 2.6].

ТЕМА 4.4.4 Кручение.

Основные вопросы темы: понятие о напряженном и деформированном состоянии в точке. Главные площадки и главные напряжения. Типы напряженных состояний Обобщенный закон Гука. Теории прочности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом определяются значения главных напряжений при плоском напряженном состоянии?
2. Какие напряжения называются главными?
3. Назовите обобщенный закон Гука.
4. Какое напряженное состояние в точке считают предельным.
5. Кручение стержней круглого поперечного сечения.
6. Определение напряжений и углов закручивания. Условие прочности и жесткости.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 2.6].

ТЕМА 4.4.5 Срез и смятие.

Основные вопросы темы: чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Условие прочности. Расчет на срез и смятие.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Допускаемые напряжения на срез.
2. Допускаемые напряжения на смятие.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 2.6].

ТЕМА 4.4.6 Изгиб.

Основные вопросы темы: плоский изгиб. Основные понятия. Чистый и поперечный изгиб. Напряжения при изгибе. Внутренние силовые факторы. Условие прочности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой вид деформации называют изгибом?
2. Объясните правило знаков для изгибающего момента.
3. Как рассчитываются нормальные напряжения при изгибе?
4. Составьте условие прочности балки при изгибе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 2.5].

4.5 ДЕТАЛИ МАШИН

ТЕМА 4.5.1 Область деталей машин. Соединения деталей машин.

Основные вопросы темы: критерии работоспособности машин и механизмов. Область применения.

ТЕМА 4.5.2 Механические передачи.

Основные вопросы темы: зубчатые передачи. Основные геометрические параметры зубчатых колес. Передаточное отношение зубчатой передачи. Усилия в зацеплениях передач.

ТЕМА 4.5.3 Валы и оси, подшипники.

Основные вопросы темы: материалы для изготовления элементов конструкций. Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность. Конструкции подшипниковых узлов. Валы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните, что называется деталью и сборочной единицей.
2. Как классифицируются зубчатые передачи.
3. Какими свойствами обладает эвольвента окружности?.
4. Какие силы возникают в зацеплениях зубчатых колес?
5. Что такое передаточное отношение зубчатой передачи.?
6. Какие конструкционные материалы применяются для изготовления деталей зубчатых передач, валов?
7. Как классифицируются подшипники качения?
8. Каким образом производится подбор подшипников качения?
9. Дайте определение статической, динамической грузоподъемности, эквивалентной нагрузки.
10. Объясните почему валы часто проверяют на прочность? В чем суть проектного расчета валов?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Джамай В.В. Прикладная механика – М.: Дрофа, 2004, [глава 5.1, 5.2].

Задания для выполнения контрольного домашнего задания

Задача № 1. Составить уравнения равновесия для данной конструкции.

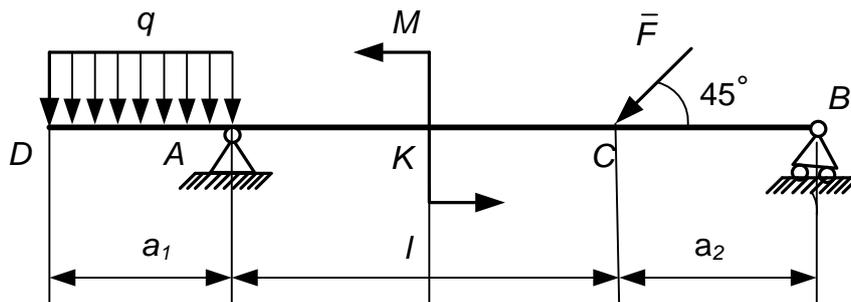
| | |
|----|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

| | |
|----|--|
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | |

| | |
|----|--|
| 21 | |
| 22 | |
| 23 | |
| 24 | |
| 25 | |
| 26 | |
| 27 | |
| 28 | |
| 29 | |
| 30 | |

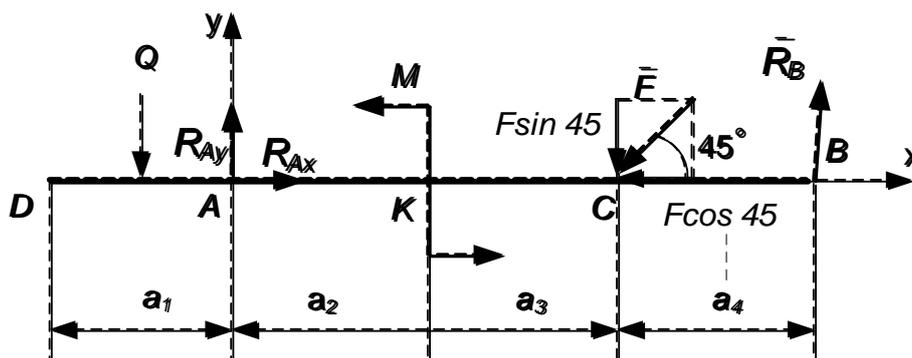
Пример решения задачи:

Задача. Составить уравнения равновесия. Определить реакции связей балки. В точке А балка имеет неподвижную шарнирную опору, в точке В подвижную шарнирную опору. В точке С на балку действует сосредоточенная сила $F = 5$ кН, направленная под углом 45° в точке К – пара сил, момент которой $M = 2$ кНм. На участке DA действует равномерно распределенная нагрузка с интенсивностью $q = 1$ кН/м.



Решение:

Рассмотрим балку АВ как объект равновесия и установим тип связей: в точке А движение балки ограничивается неподвижным цилиндрическим шарниром, в точке В – подвижным. Выберем систему координат и совместим ее начало с точкой А. Заменяем действие шарниров в точках А и В реакциями связей R_A и R_B . Реакция неподвижной опоры в точке А даст две составляющие по осям R_{Ax} и R_{Ay} . Подвижная шарнирная опора даст одну силу реакции опоры R_B , направленную перпендикулярно опоре. Учитывая, что все силы расположены в плоскости xAy система сил является плоской. Составим расчетную схему балки, указывая все активные и реактивные силы, действующие на нее.



Для плоской системы сил составляем три независимых уравнения равновесия. Задача содержит три неизвестные реакции R_{Ax} , R_{Ay} и R_B . Таким образом количество уравнений совпадает с числом неизвестных.

Составим три уравнения равновесия плоской системы сил:

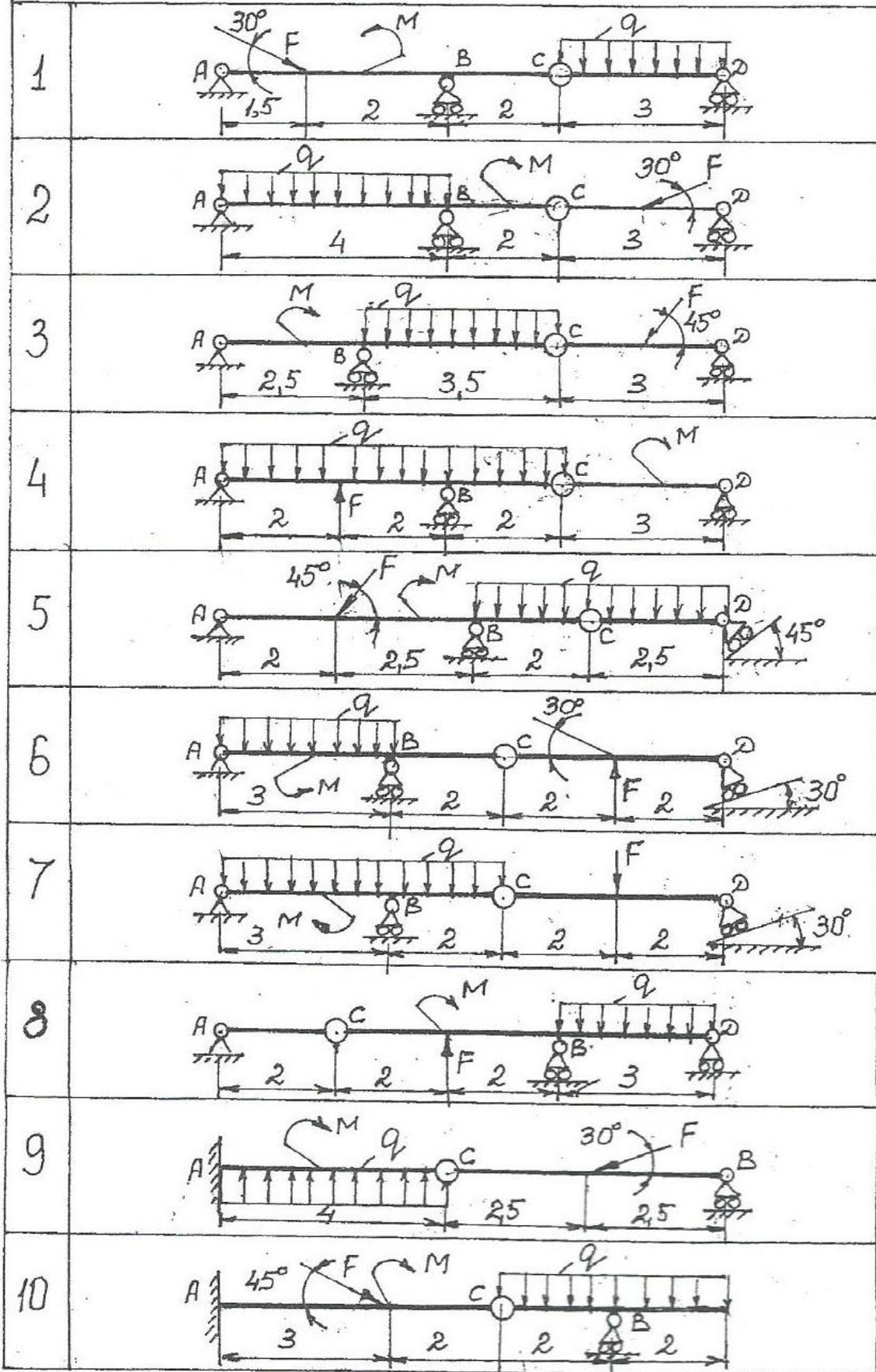
$$\sum_{k=1}^n F_{kx} = 0; \quad R_{Ax} - F \cos 45^\circ = 0;$$

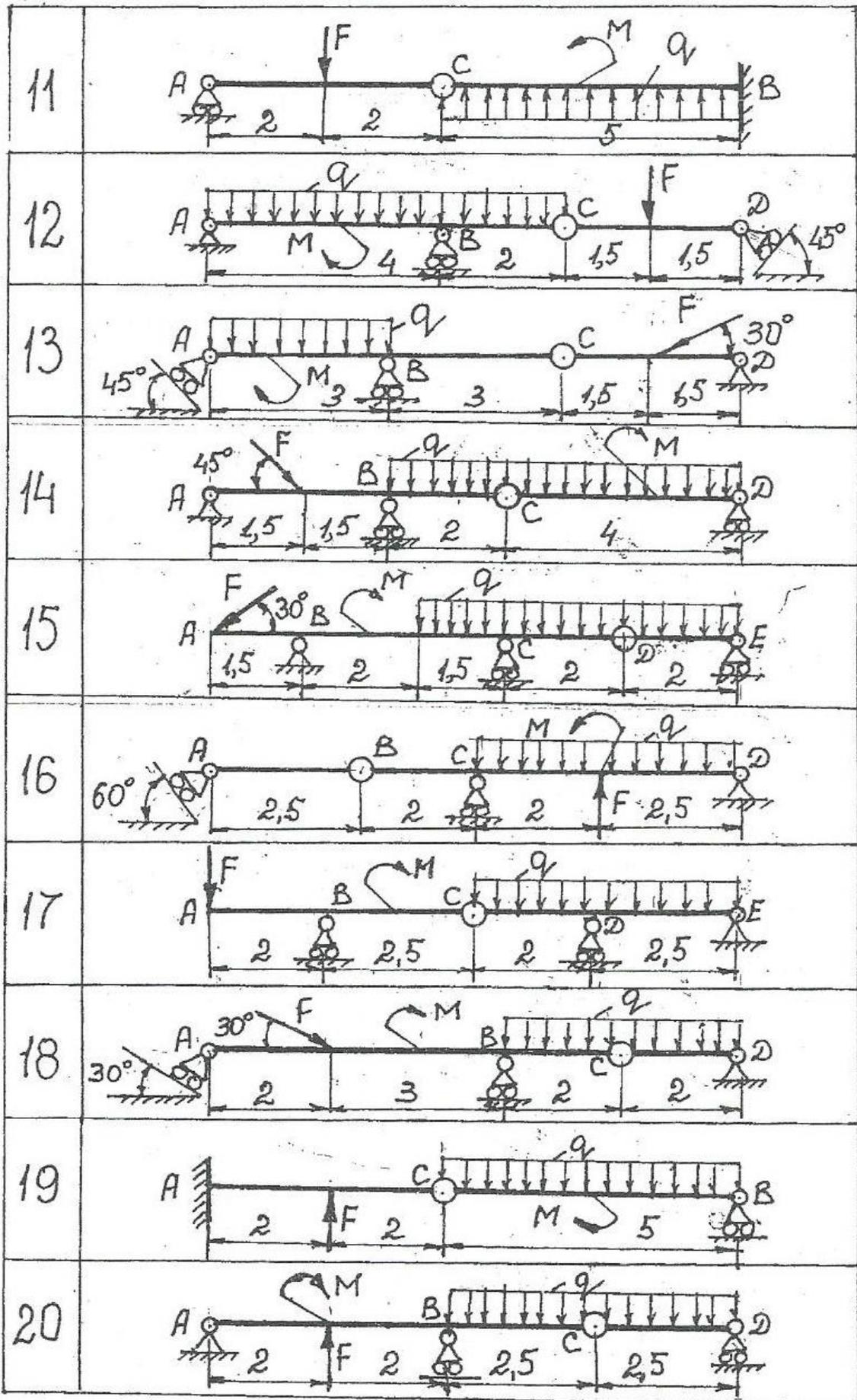
$$\sum_{k=1}^n F_{ky} = 0; \quad R_{Ay} - Q - F \sin 45^\circ + R_B = 0;$$

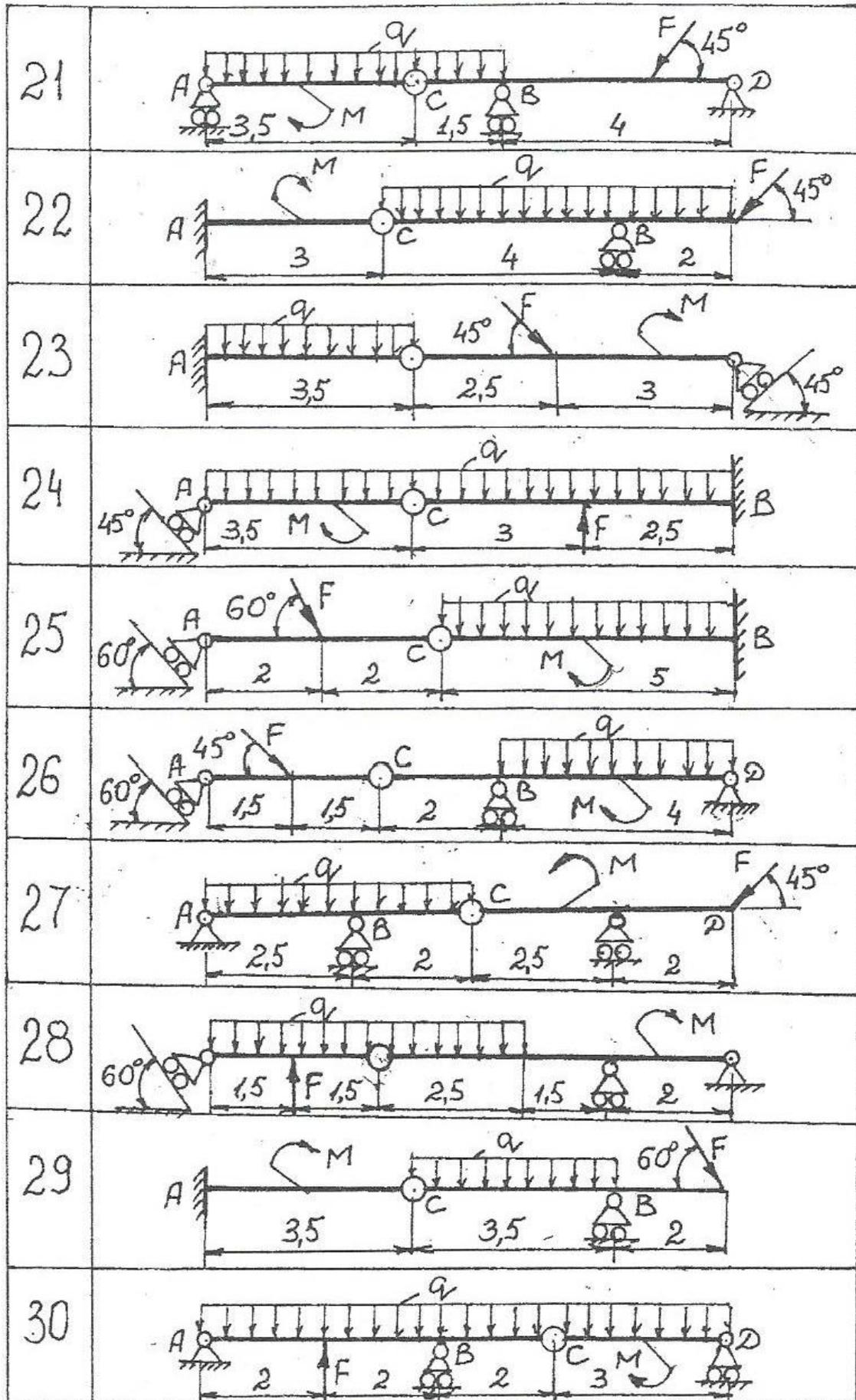
$$\sum_{k=1}^n m_A(\bar{F}_k) = 0; \quad Q \frac{a_1}{2} + M - Fy(a_2+a_3) + R_B(a_4+a_3+a_2) = 0$$

Сосредоточенная сила \bar{Q} является равнодействующей распределенной нагрузки \bar{q} на участке балки DA, т.е. $Q = q DA$, точкой приложения будет середина участка DA вектор \bar{Q} сонаправлен с вектором \bar{q} . Реакция \bar{R}_B в точке B направлена перпендикулярно к опорной плоскости в сторону, противоположную действию балки на опору.

Задача №2 Определение реакции опор составной конструкции.



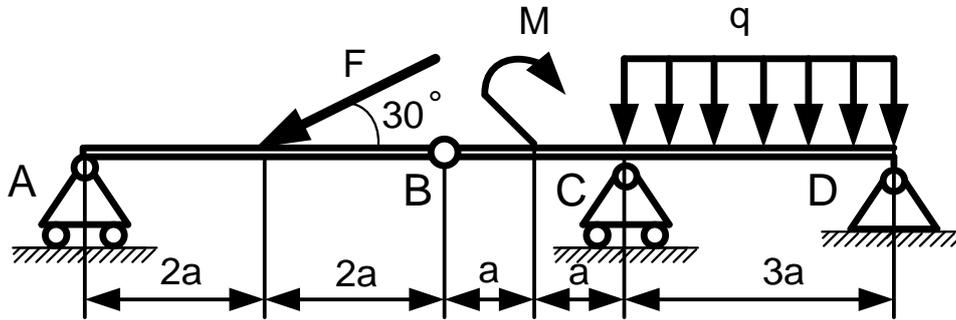




Задача №2

Пример решения задачи:

Задача. Определить реакции опор составной балки и давление в шарнире, если $q = 1 \text{ кН/м}$, $M = 8 \text{ кНм}$, $F = 10 \text{ кН}$, $a = 1 \text{ м}$.



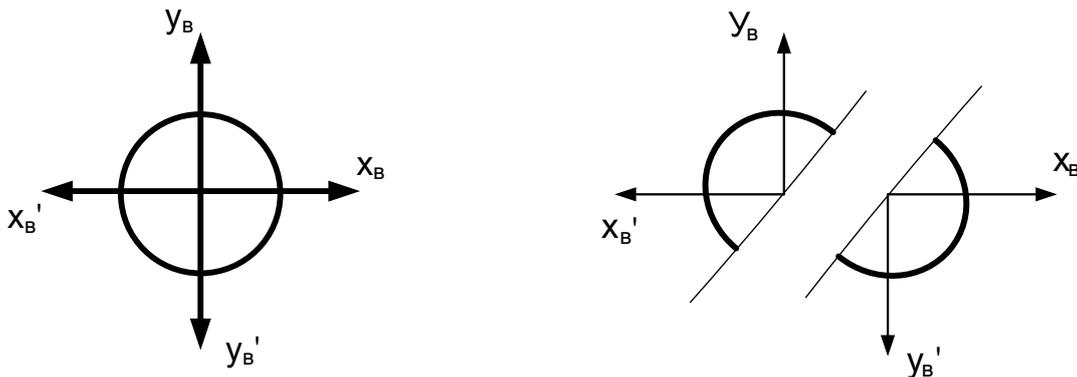
Для определения реакций опор данной конструкции, необходимо произвести некоторые подготовительные расчеты.

На конструкцию действуют: сила F , приложенная под углом 30° , распределенная нагрузка интенсивностью q и вращающий момент M .

Давление в шарнире B является силой, которую нельзя определить с помощью уравнений равновесия сил.

Для того, чтобы рассматривать силу в шарнире как внешнюю, мысленно разрежем шарнир, проведя плоскость сечения по шарниру.

Шарнир в составе балки находится в равновесии так как на него действуют равные по величине и противоположные по направлению силы X_B и Y_B . Эти силы, заменяя действие отброшенной части балки на оставленную, исключают взаимное перемещение сечений, примыкавших к шарниру. При решении задачи одна часть сил, действующих в шарнире остается с частью AB балки, другая - с частью BD .

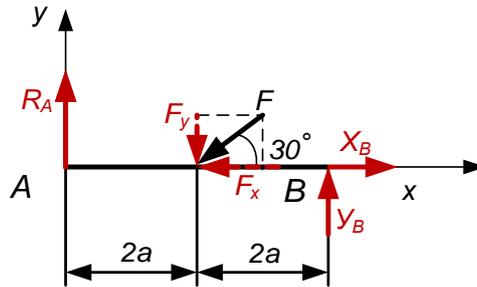


Таким образом балка будет разделена на две части - левую AB и правую BD .

Для решения задачи проведем оси координат: ось x - направо, y - вверх.

Спроецируем все силы на эти оси. Силу F разложим на составляющие по осям F_x и F_y , равномерно распределенную нагрузку q заменим ее равнодействующей сосредоточенной Q , приложенной посередине участка, на котором распределена нагрузка, связи, действующие на конструкцию в точках A, C, B , заменим реакциями связей.

Рассмотрим сначала часть АВ и составим расчетную схему.



Выполним предварительные расчеты.

$$F_x = F \cos 30^\circ = 10 \cdot 0,87 = 8,7 \text{ кН}; \quad F_y = F \sin 30^\circ = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН}.$$

Составим уравнение равновесия для отсеченной части балки АВ.

$$\sum M_B = 0; \quad \sum M_B = -R_A \cdot 4 + F_y \cdot 2 = 0 \quad R_A = \frac{F_y}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ кН}$$

$$\sum F_x = 0; \quad \sum F_x = X_B - F_x = 0 \quad X_B = F_x = 8,7 \text{ кН}$$

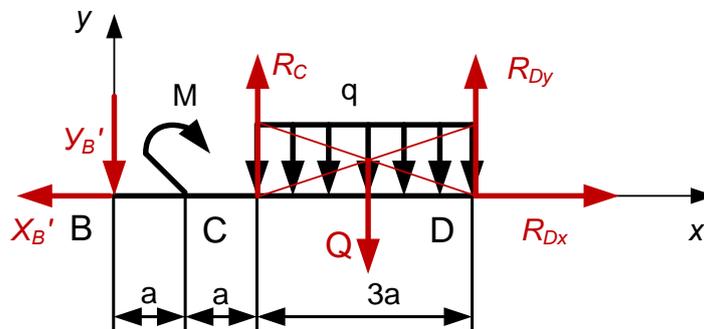
$$\sum F_y = 0; \quad \sum F_y = R_A - F_y + Y_B = 0 \quad Y_B = F_y - R_A = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ кН}$$

Рассмотрим часть ВD и составим расчетную схему.

Выполним предварительные расчеты.

Заменяем распределенную нагрузку интенсивностью q – сосредоточенной силой Q и рассчитаем ее. Силу приложим к центру тяжести отрезка, на который действует распределенная сила q . Находится центр тяжести на пересечении диагоналей прямоугольника.

$$Q = q \cdot l; \quad Q = 1 \cdot 3a = 3 \text{ кН}.$$



Проведем оси координат: ось x - направо, y - вверх.

Спроецируем все силы на эти оси, равномерно распределенную нагрузку q заменим ее равнодействующей сосредоточенной Q , приложенной посередине участка, на котором распределена нагрузка. Связи, действующие на конструкцию в точках C,D, заменим реакциями связей.

Составим уравнение равновесия для части балки ВD.

$$\sum M_D = 0 \quad \sum M_D = Y_B' \cdot 5a - R_C \cdot 3a + Q \cdot 1,5 - M = 0$$

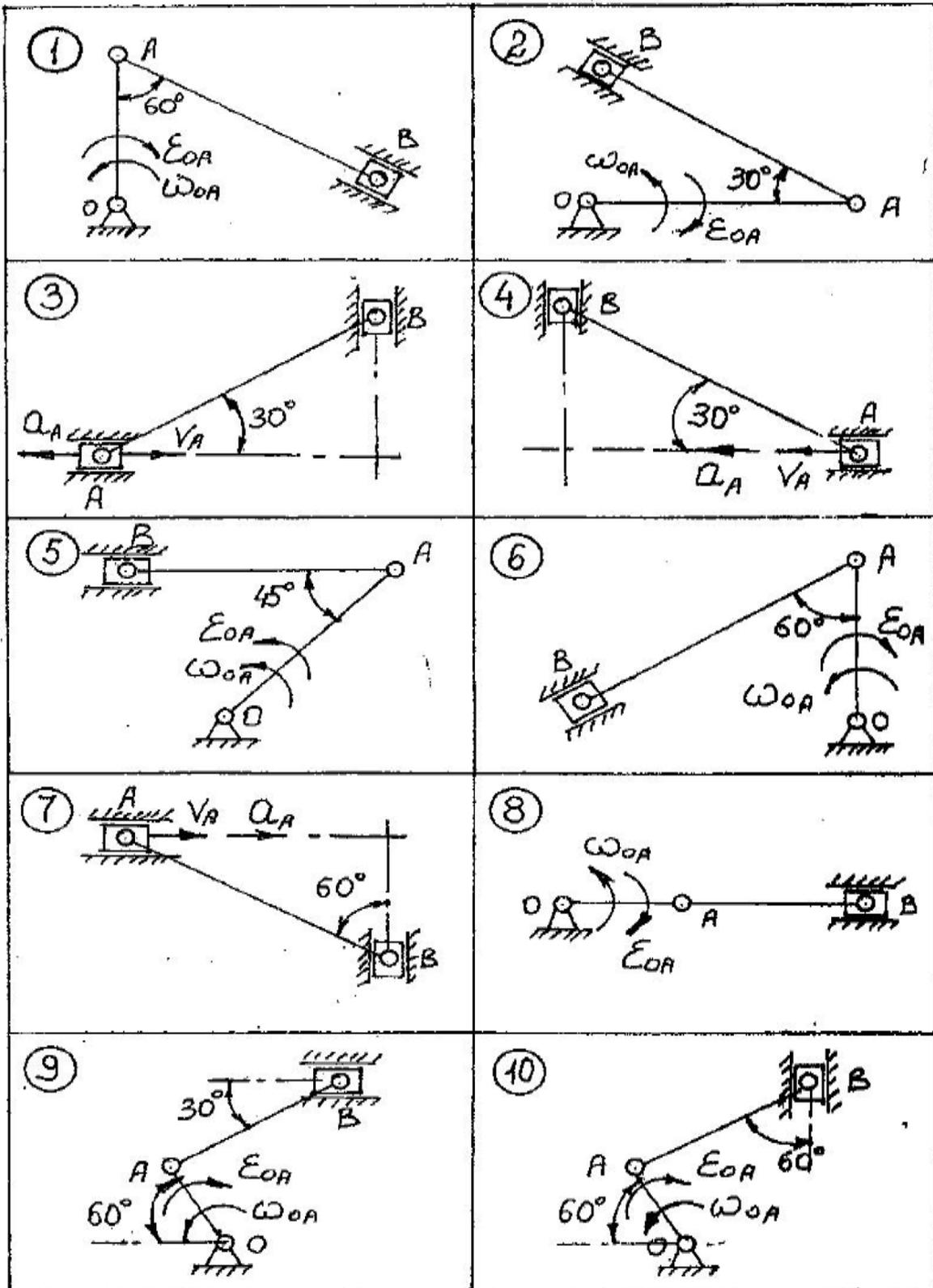
$$R_C = 2,5 \cdot 5 + 3 \cdot 1,5 - 8 = 3 \text{ кН}$$

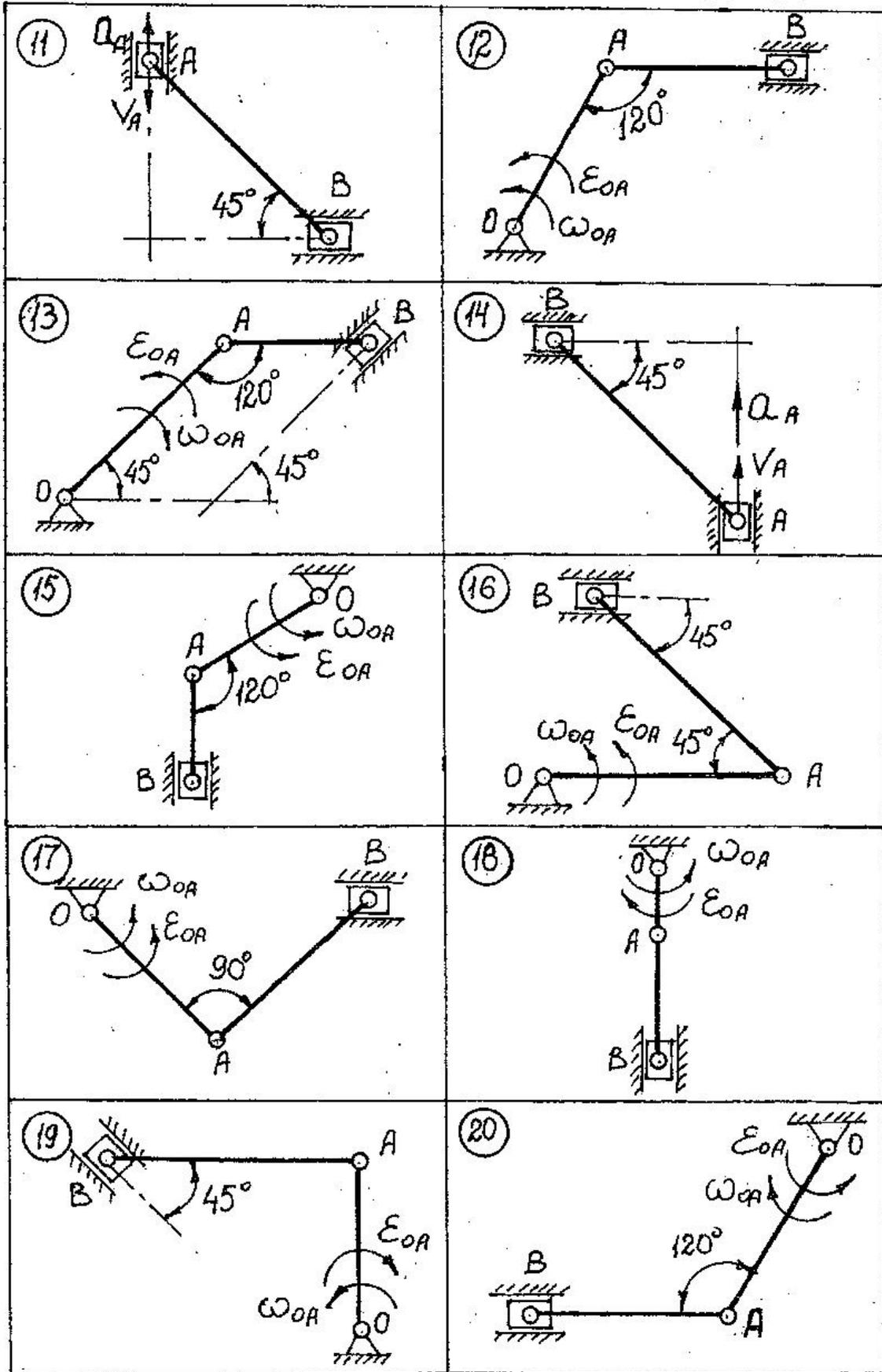
$$\sum F_x = 0; \quad \sum F_x = -X_B' + R_{Dx} = 0 \quad R_{Dx} = X_B' = 8,7 \text{ кН}$$

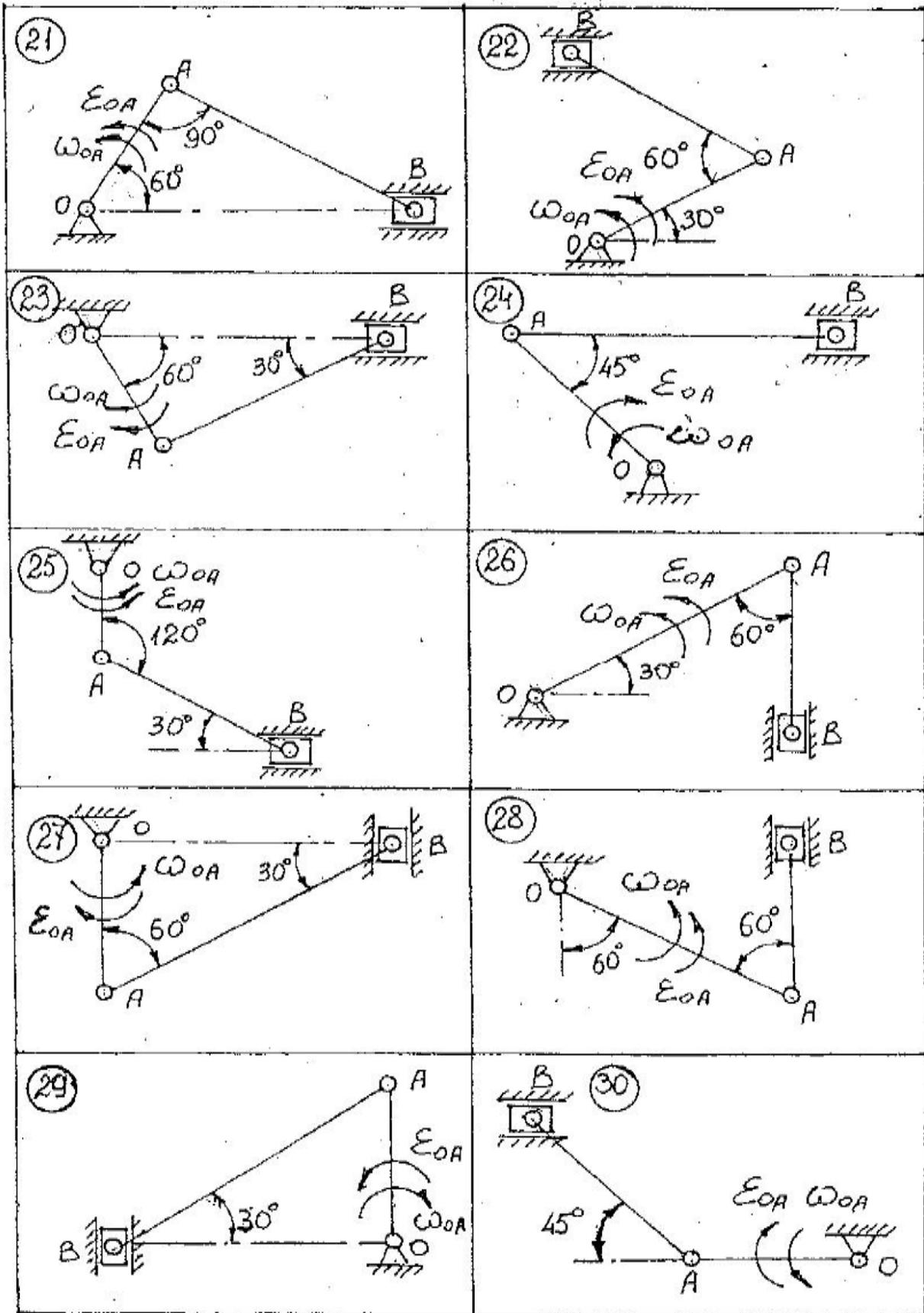
$$\sum F_y = 0; \quad \sum F_y = R_{Dy} - Q + R_{Cy} - Y_B' = 0 \quad R_{Dy} = Q - R_{Cy} + Y_B' = 2,5 \text{ кН}$$

$$R_D = \sqrt{R_{Dx}^2 + R_{Dy}^2} = \sqrt{8,7^2 + 2,5^2} = 9,05 \text{ кН}.$$

Задача №3. Для заданного положения механизма найти скорости и ускорения точек «А» и «В», указанных на схеме.

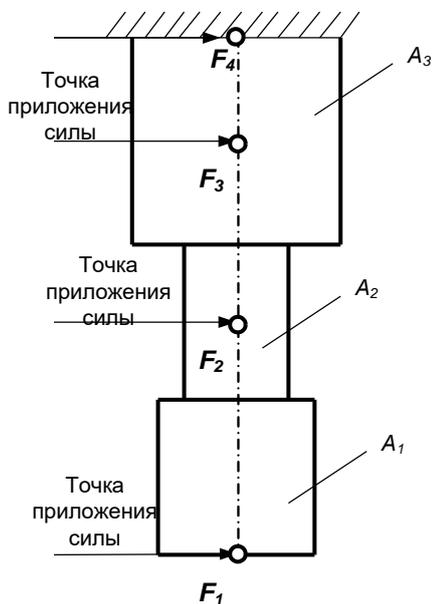






| № варианта, схемы | OA, м | AB, м | ω_{OA}, c^{-1} | ϵ_{OA}, c^{-2} | $V_A, м/с$ | $a_A, м/с^2$ |
|-------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|------------|--------------|
| 1 | 0,2 | 0,3 | 2,0 | 3,0 | | |
| 2 | 0,2 | 0,3 | 1,5 | 4,0 | | |
| 3 | 0,25 | 0,35 | | | 2 | 3 |
| 4 | 0,25 | 0,35 | | | 3 | 2 |
| 5 | 0,27 | 0,42 | 1,8 | 4,5 | | |
| 6 | 0,27 | 0,42 | 1,4 | 3,8 | | |
| 7 | 0,30 | 0,45 | | | 4 | 5 |
| 8 | 0,30 | 0,45 | 2,2 | 3,5 | | |
| 9 | 0,32 | 0,48 | 2,5 | 4,0 | | |
| 10 | 0,32 | 0,48 | 3,0 | 1,5 | | |
| 11 | 0,35 | 0,52 | | | 5 | 4 |
| 12 | 0,35 | 0,52 | 3,2 | 2,5 | | |
| 13 | 0,43 | 0,55 | 3,7 | 3,0 | | |
| 14 | 0,43 | 0,55 | | | 6 | 3 |
| 15 | 0,26 | 0,33 | 4,0 | 2,5 | | |
| 16 | 0,26 | 0,33 | 4,2 | 2,8 | | |
| 17 | 0,28 | 0,37 | 4,5 | 3,7 | | |
| 18 | 0,28 | 0,37 | 5,0 | 4,3 | | |
| 19 | 0,33 | 0,54 | 5,5 | 3,8 | | |
| 20 | 0,33 | 0,54 | 6,0 | 2,6 | | |
| 21 | 0,20 | 0,30 | 2,0 | 3,5 | | |
| 22 | 0,20 | 0,30 | 3,0 | 2,4 | | |
| 23 | 0,30 | 0,40 | 4,0 | 2,2 | | |
| 24 | 0,30 | 0,40 | 5,0 | 3,2 | | |
| 25 | 0,25 | 0,35 | 6,0 | 2,4 | | |
| 26 | 0,25 | 0,35 | 2,5 | 1,5 | | |
| 27 | 0,27 | 0,42 | 3,5 | 2,0 | | |
| 28 | 0,27 | 0,42 | 4,5 | 1,8 | | |
| 29 | 0,32 | 0,45 | 5,5 | 4,0 | | |
| 30 | 0,32 | 0,45 | 6,5 | 3,8 | | |

Задача №4



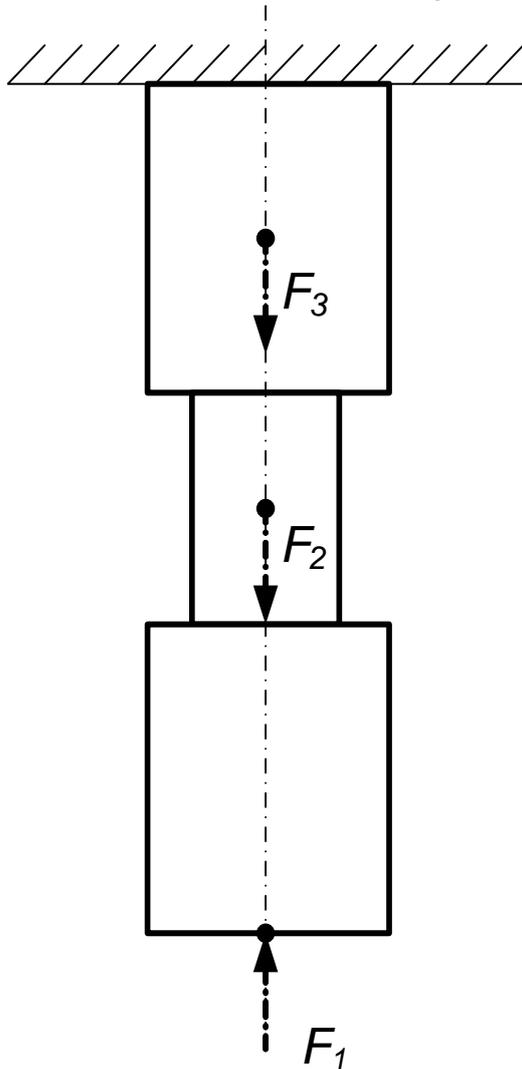
Для стального ступенчатого стержня
($E = 2 \cdot 10^5$ МПа):

- 1) определить продольные силы N и напряжения σ на каждом участке стержня; построить эпюры N и σ ;
- 2) оценить прочность на участках стержня и вычислить действительный запас прочности, если $[\sigma] = 120$ МПа,
- 3) построить эпюру перемещений λ

Варианты задания

| Номер варианта | Длина участка стержня, м | | | | | | Площадь поперечного сечения, см ² | | | Модуль силы, кН | | | |
|----------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | ℓ_1 | ℓ_2 | ℓ_3 | ℓ_4 | ℓ_5 | ℓ_6 | A ₁ | A ₂ | A ₃ | F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ |
| 1 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,30 | 0,15 | 0,35 | 10 | 14 | 18 | +100 | - | -160 | - |
| 2 | 0,30 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,30 | 18 | 12 | 8 | +140 | -120 | - | - |
| 3 | 0,20 | 0,30 | 0,30 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 16 | 8 | 10 | +120 | - | -160 | - |
| 4 | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 12 | 10 | 16 | +110 | -80 | - | - |
| 5 | 0,35 | 0,15 | 0,15 | 0,35 | 0,35 | 0,15 | 8 | 12 | 16 | +90 | - | - | -90 |
| 6 | 0,15 | 0,35 | 0,20 | 0,30 | 0,30 | 0,20 | 10 | 8 | 12 | -100 | +140 | - | - |
| 7 | 0,20 | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 14 | 10 | 18 | -140 | - | +180 | - |
| 8 | 0,25 | 0,25 | 0,30 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 12 | 14 | 10 | -100 | - | - | +160 |
| 9 | 0,30 | 0,20 | 0,35 | 0,15 | 0,15 | 0,35 | 18 | 16 | 14 | -160 | - | -90 | - |
| 10 | 0,35 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 0,35 | 0,15 | 16 | 18 | 10 | -120 | +160 | - | - |
| 11 | 0,15 | 0,35 | 0,20 | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 10 | 16 | 18 | -100 | - | -120 | - |
| 12 | 0,20 | 0,30 | 0,35 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 12 | 8 | 16 | -100 | - | - | -160 |
| 13 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,35 | 0,20 | 0,30 | 14 | 16 | 10 | -140 | - | -90 | - |
| 14 | 0,30 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,35 | 0,15 | 12 | 8 | 16 | -110 | +90 | - | - |
| 15 | 0,30 | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,35 | 18 | 14 | 12 | -160 | +90 | - | - |
| 16 | 0,30 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 16 | 14 | 10 | +120 | - | - | -80 |
| 17 | 0,30 | 0,20 | 0,35 | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 18 | 12 | 14 | +160 | - | -100 | - |
| 18 | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 18 | 14 | 16 | +160 | - | - | +110 |
| 19 | 0,20 | 0,30 | 0,30 | 0,20 | 0,35 | 0,15 | 10 | 13 | 8 | -110 | - | +120 | - |
| 20 | 0,15 | 0,35 | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 0,15 | 14 | 10 | 12 | -140 | +130 | - | - |
| 21 | 0,15 | 0,35 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | 0,20 | 8 | 10 | 8 | -90 | - | +140 | - |
| 22 | 0,20 | 0,30 | 0,15 | 0,35 | 0,25 | 0,25 | 12 | 10 | 12 | +110 | - | - | -160 |
| 23 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 16 | 10 | 8 | -120 | - | +140 | - |
| 24 | 0,30 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,35 | 18 | 12 | 10 | +160 | -120 | - | - |
| 25 | 0,35 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 10 | 14 | 10 | +120 | - | -110 | - |
| 26 | 0,40 | 0,10 | 0,20 | 0,15 | 0,35 | 0,25 | 14 | 16 | 20 | +140 | - | - | -100 |
| 27 | 0,25 | 0,15 | 0,35 | 0,20 | 0,40 | 0,15 | 18 | 14 | 10 | -160 | - | +90 | - |
| 28 | 0,30 | 0,10 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,40 | 12 | 10 | 8 | +160 | -70 | - | - |
| 29 | 0,35 | 0,15 | 0,35 | 0,10 | 0,35 | 0,15 | 8 | 18 | 10 | +90 | - | +200 | - |

ТЕМА Растяжение-сжатие. Пример решения задачи.



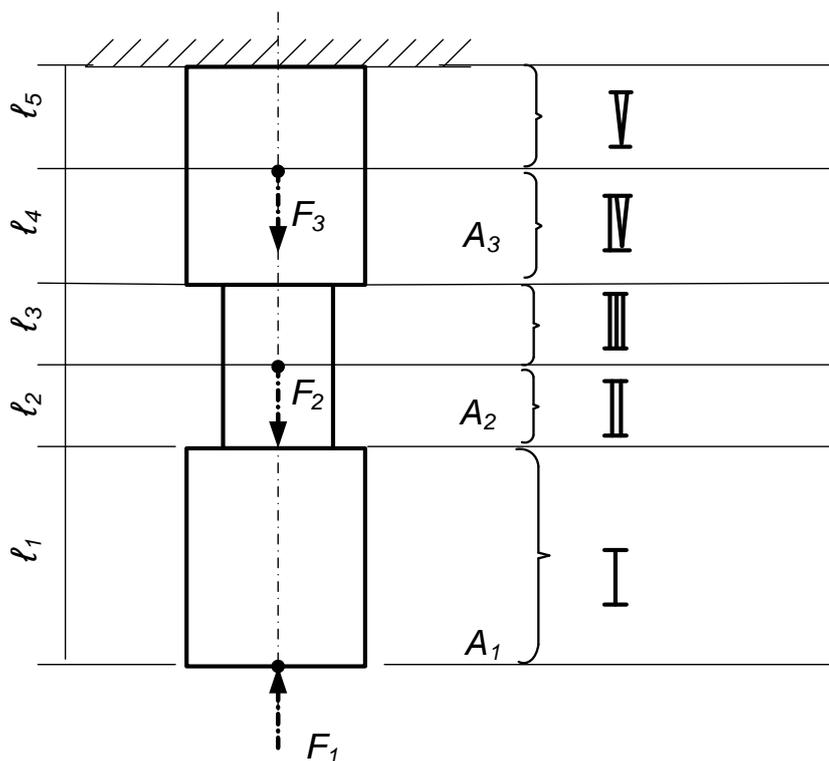
Для стального ступенчатого стержня ($E = 2 \cdot 10^5$ МПа) определить:

- 1) продольные силы N на каждом участке стержня;
- 2) напряжения σ на каждом участке стержня;
- 3) перемещения λ поперечных сечений вдоль оси стержня;
- 4) построить эпюры N , σ , λ ;
- 5) оценить прочность на участках стержня и вычислить действительный запас прочности, если $[\sigma] = 120$ МПа.

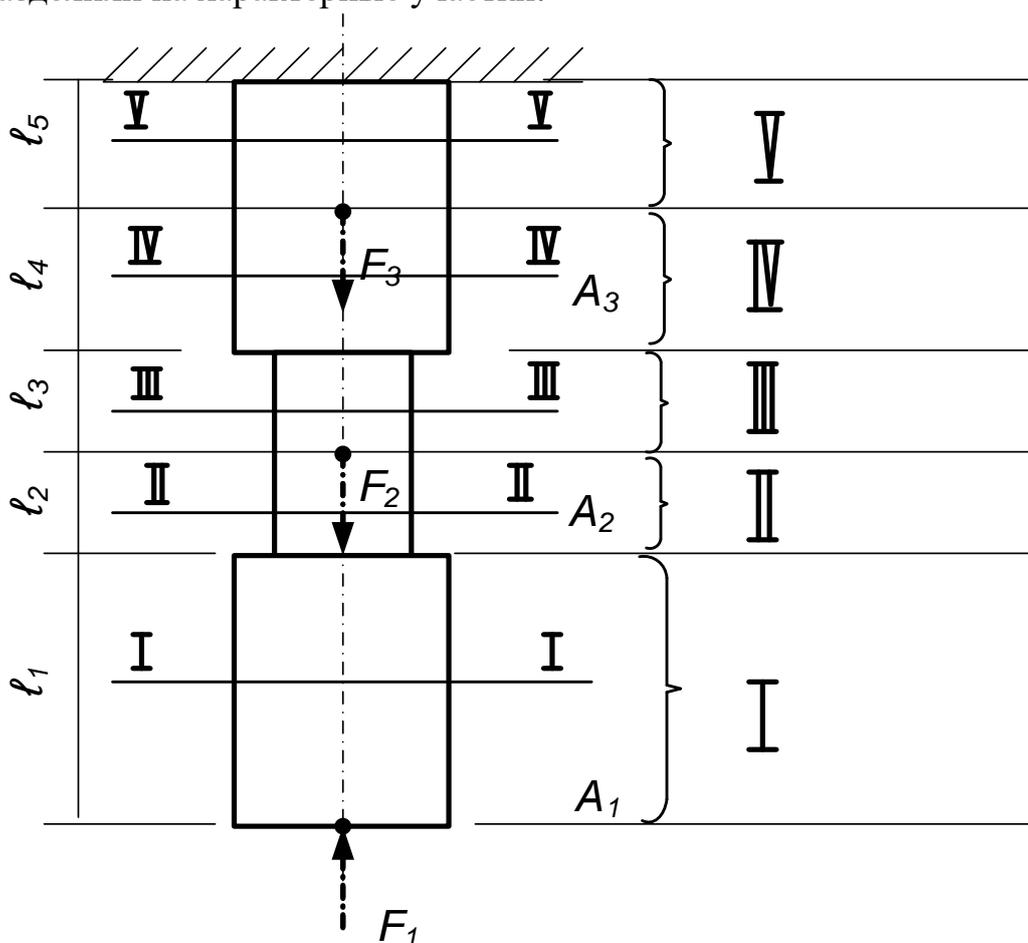
| Модуль силы, кН | | | Длина, м | | | | | Площадь сечения, см ² | | |
|-----------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|
| F_1 | F_2 | F_3 | l_1 | l_2 | l_3 | l_4 | l_5 | A_1 | A_2 | A_3 |
| 120 | 80 | 80 | 0,5 | 0,35 | 0,15 | 0,25 | 0,25 | 12 | 10 | 16 |

Решаем задачу с помощью метода сечений (РОЗУ).

Разделяем стержень на характерные участки, на каждом участке проводим сечение и подсчитываем продольные силы на каждом участке.



Разделили на характерные участки.



На каждом выделили сечение.

Построение эпюры продольных сил N :

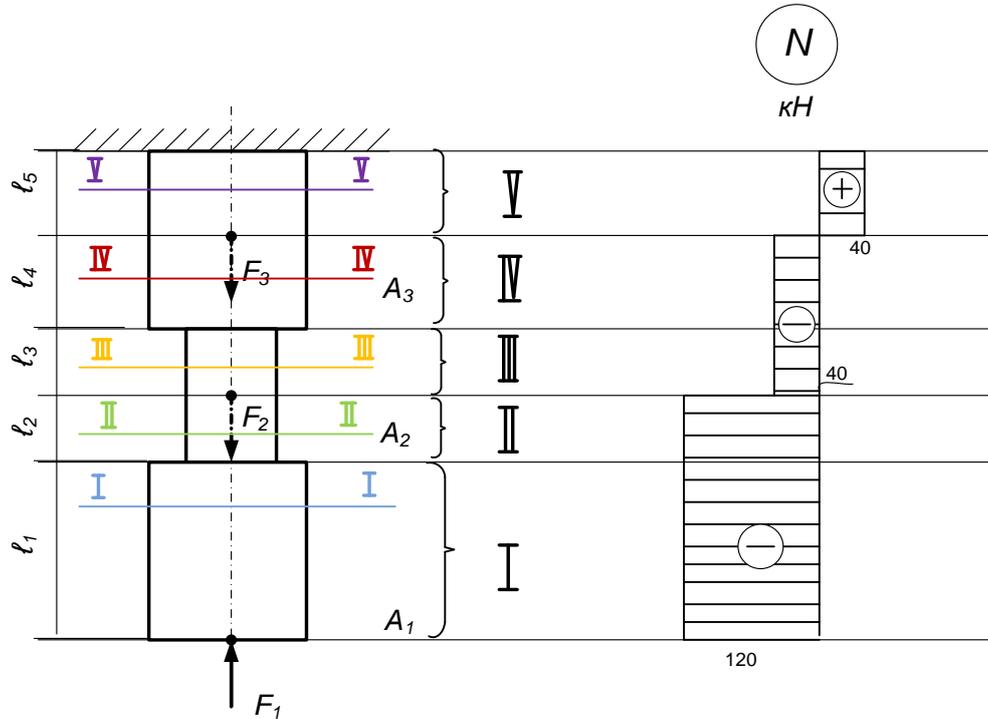
I участок $\Sigma_{F_z} = 0$; $N_1 + F_1 = 0$; $N_1 = -F_1 = -120$ кН;

II участок $\Sigma_{F_z} = 0$; $N_2 + F_1 = 0$; $N_2 = -F_1 = -120$ кН;

III участок $\Sigma_{F_z} = 0$; $N_3 - F_2 + F_1 = 0$; $N_3 = -F_1 + F_2 = -120 + 80 = -40$ кН;

IV участок $\Sigma_{F_z} = 0$; $N_4 - F_2 + F_1 = 0$; $N_4 = -F_1 + F_2 = -120 + 80 = -40$ кН;

V участок $\Sigma_{F_z} = 0$; $N_5 - F_3 - F_2 + F_1 = 0$; $N_5 = -F_1 + F_2 = -120 + 80 + 80 = 40$ кН;



Строим эпюру напряжений и сравниваем полученные значения с допустимым - $[\sigma] = 120$ МПа для определения работоспособности конструкции

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = -\frac{120 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^{-4}} = -100 \text{ МПа} \quad \sigma_1 \leq [\sigma] - \text{условие прочности}$$

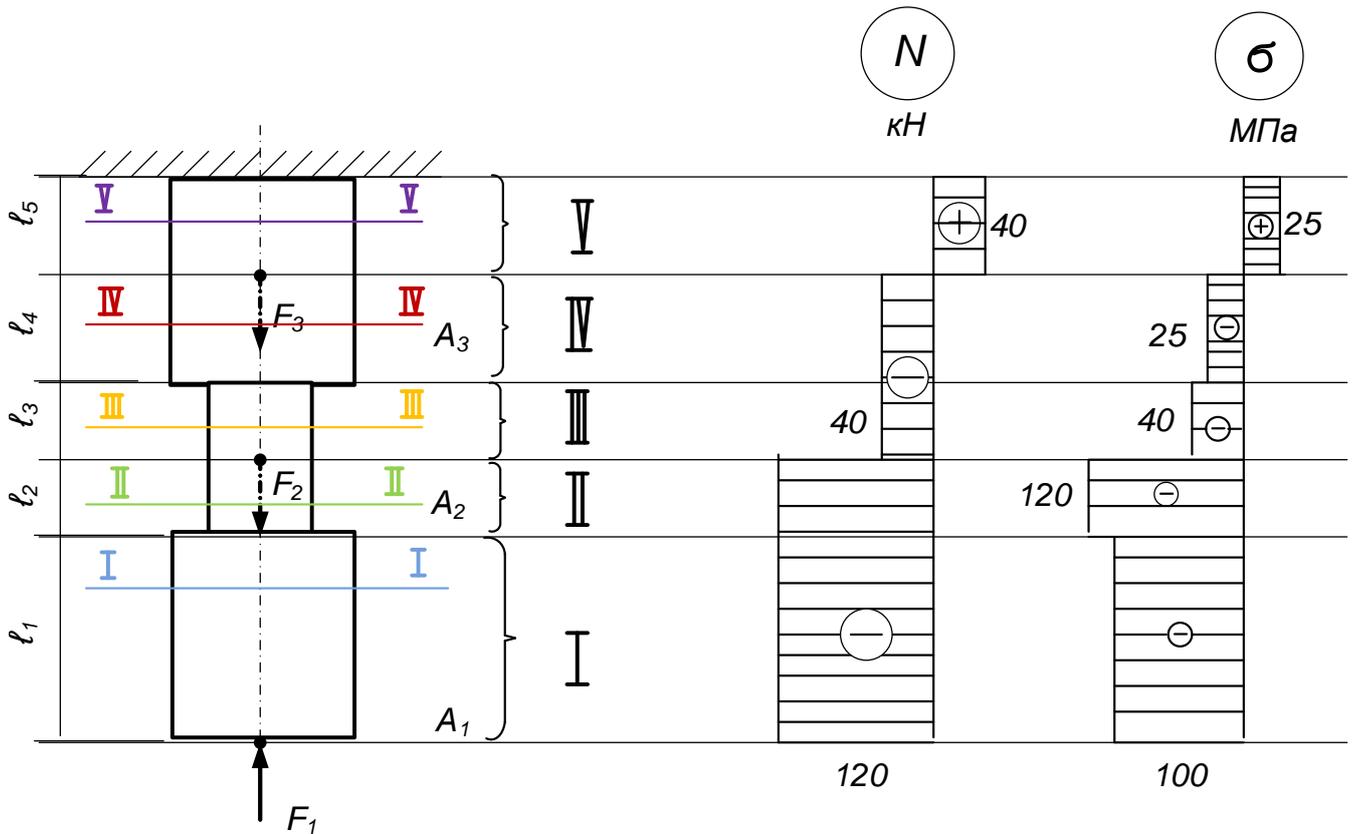
$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = -\frac{120 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -120 \text{ МПа} \quad \sigma_2 = [\sigma]$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = -\frac{40 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -40 \text{ МПа} \quad \sigma_3 \leq [\sigma]$$

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{A_3} = -\frac{40 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^{-4}} = -25 \text{ МПа} \quad \sigma_4 \leq [\sigma]$$

$$\sigma_5 = \frac{N_5}{A_3} = \frac{40 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^{-4}} = 25 \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 \leq [\sigma]$$



Вычисляем коэффициент запаса прочности для второго участка стержня.

$$n = \sigma_{\text{пр.}} / \sigma_2 = 240 / 120 = 2$$

Рассчитываем и строим эпюру перемещений поперечных сечений.

$$\lambda_A = 0;$$

$$\lambda_{BA} = \lambda_A + \Delta \ell_{BA} = 0 + \frac{N_5 \ell_5}{E A_3} = 0 + \frac{\sigma_5 \ell_5}{E} = \frac{25 \cdot 0,25 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = 0,0312 \text{ мм};$$

$$\lambda_{CA} = \lambda_{BA} + \Delta \ell_{CB} = \lambda_{BA} + \frac{\sigma_4 \ell_4}{E} = 0,0312 \text{ мм} - \frac{25 \cdot 0,25 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = 0 \text{ мм};$$

$$\lambda_{DA} = \lambda_{CA} + \Delta \ell_{DC} = \lambda_{CA} + \frac{\sigma_3 \ell_3}{E} = 0 - \frac{40 \cdot 0,15 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = -0,03 \text{ мм};$$

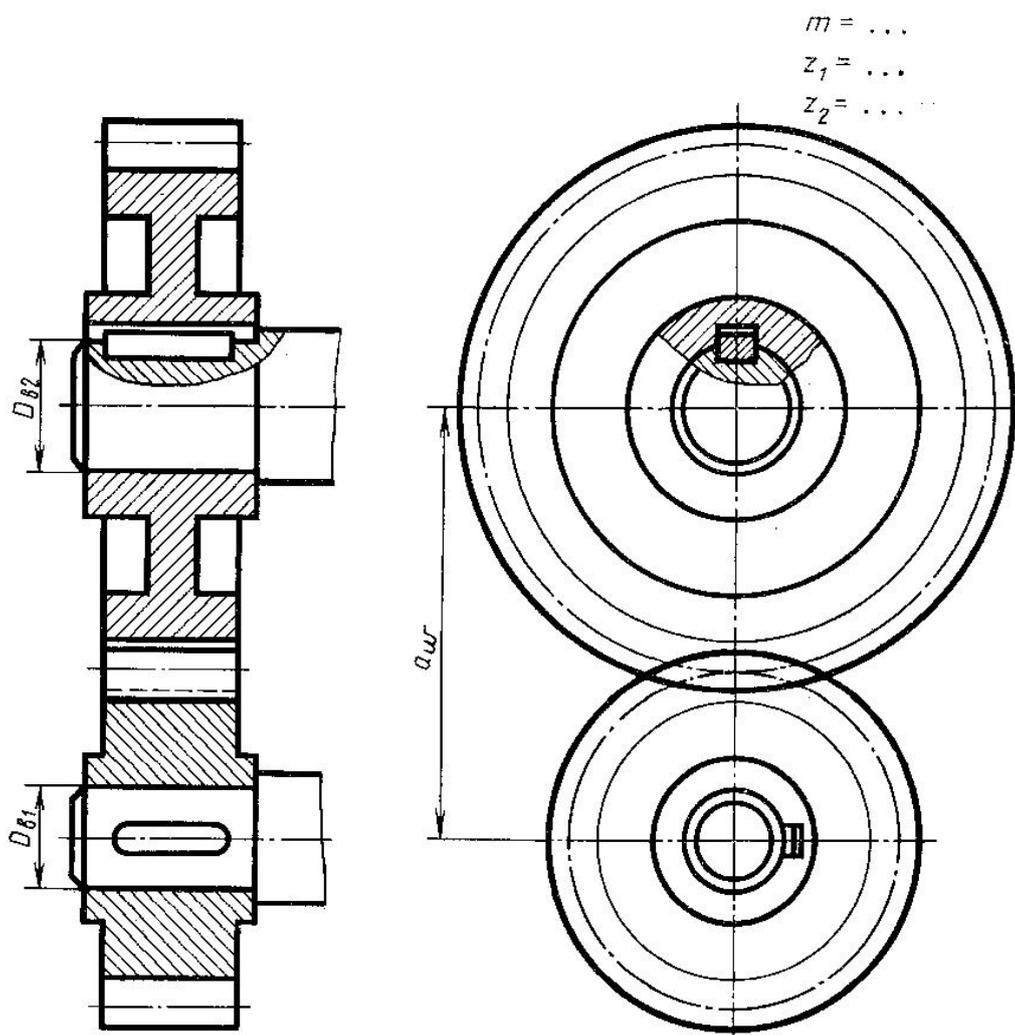
$$\lambda_{EA} = \lambda_{DA} + \Delta \ell_{ED} = \lambda_{DA} + \frac{\sigma_2 \ell_2}{E} = -0,03 - \frac{120 \cdot 0,35 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = -0,24 \text{ мм};$$

$$\lambda_{KA} = \lambda_{EA} + \Delta \ell_{KE} = \lambda_{EA} + \frac{\sigma_1 \ell_1}{E} = -0,24 - \frac{100 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = -0,49 \text{ мм};$$

- г) вычертить в масштабе эскиз ступенчатого вала;
 д) построить эпюру углов закручивания относительно левого шкива на валу;
 е) проверить жесткость вала при кручении, если $\varphi_{0 adm} = 0,8$ град/м.

| Номер Варианта | Длина а, м | Мощность, кВт | | | | Угловая скорость, рад/с | Допускаемое касательное напряжение, МПа | Допускаемый угол закручивания, град/м |
|----------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|---|---------------------------------------|
| | | P ₀ | P ₁ | P ₂ | P ₃ | | | |
| 1 | 0,5 | 80 | 25 | 20 | 35 | 70 | 35 | 0,50 |
| 2 | 0,3 | 70 | 30 | 25 | 15 | 65 | 30 | 0,45 |
| 3 | 0,2 | 90 | 45 | 20 | 25 | 75 | 35 | 0,45 |
| 4 | 0,5 | 80 | 30 | 20 | 30 | 70 | 35 | 0,40 |
| 5 | 0,4 | 50 | 20 | 15 | 15 | 40 | 20 | 0,50 |
| 6 | 0,3 | 100 | 50 | 30 | 20 | 80 | 40 | 0,45 |
| 7 | 0,1 | 70 | 30 | 10 | 40 | 65 | 30 | 0,90 |
| 8 | 0,3 | 100 | 40 | 25 | 35 | 80 | 40 | 0,85 |
| 9 | 0,4 | 60 | 30 | 20 | 10 | 50 | 25 | 0,60 |
| 10 | 0,2 | 40 | 15 | 10 | 15 | 30 | 20 | 0,60 |
| 11 | 0,2 | 90 | 35 | 25 | 30 | 75 | 35 | 0,45 |
| 12 | 0,3 | 70 | 25 | 30 | 15 | 65 | 30 | 0,55 |
| 13 | 0,4 | 50 | 10 | 15 | 25 | 40 | 20 | 0,90 |
| 14 | 0,1 | 100 | 30 | 40 | 25 | 80 | 40 | 0,70 |
| 15 | 0,4 | 60 | 10 | 20 | 30 | 50 | 25 | 0,40 |
| 16 | 0,3 | 80 | 30 | 25 | 15 | 70 | 35 | 0,60 |
| 17 | 0,2 | 70 | 25 | 15 | 30 | 65 | 30 | 0,75 |
| 18 | 0,3 | 100 | 60 | 15 | 25 | 80 | 40 | 1,00 |
| 19 | 0,5 | 90 | 25 | 40 | 25 | 75 | 35 | 0,75 |
| 20 | 0,5 | 80 | 40 | 25 | 15 | 70 | 35 | 0,60 |
| 21 | 0,4 | 100 | 50 | 25 | 25 | 80 | 40 | 0,65 |
| 22 | 0,2 | 80 | 40 | 25 | 15 | 70 | 35 | 0,70 |
| 23 | 0,3 | 60 | 30 | 10 | 20 | 50 | 25 | 0,80 |
| 24 | 0,1 | 90 | 25 | 15 | 50 | 75 | 35 | 0,65 |
| 25 | 0,5 | 70 | 30 | 15 | 25 | 65 | 30 | 0,70 |
| 26 | 0,2 | 90 | 20 | 25 | 45 | 75 | 35 | 0,45 |
| 27 | 0,4 | 40 | 10 | 20 | 10 | 30 | 20 | 1,00 |
| 28 | 0,5 | 100 | 25 | 25 | 50 | 80 | 40 | 0,95 |
| 29 | 0,2 | 80 | 40 | 15 | 25 | 70 | 35 | 0,80 |
| 30 | 0,3 | 50 | 20 | 10 | 20 | 40 | 20 | 0,70 |

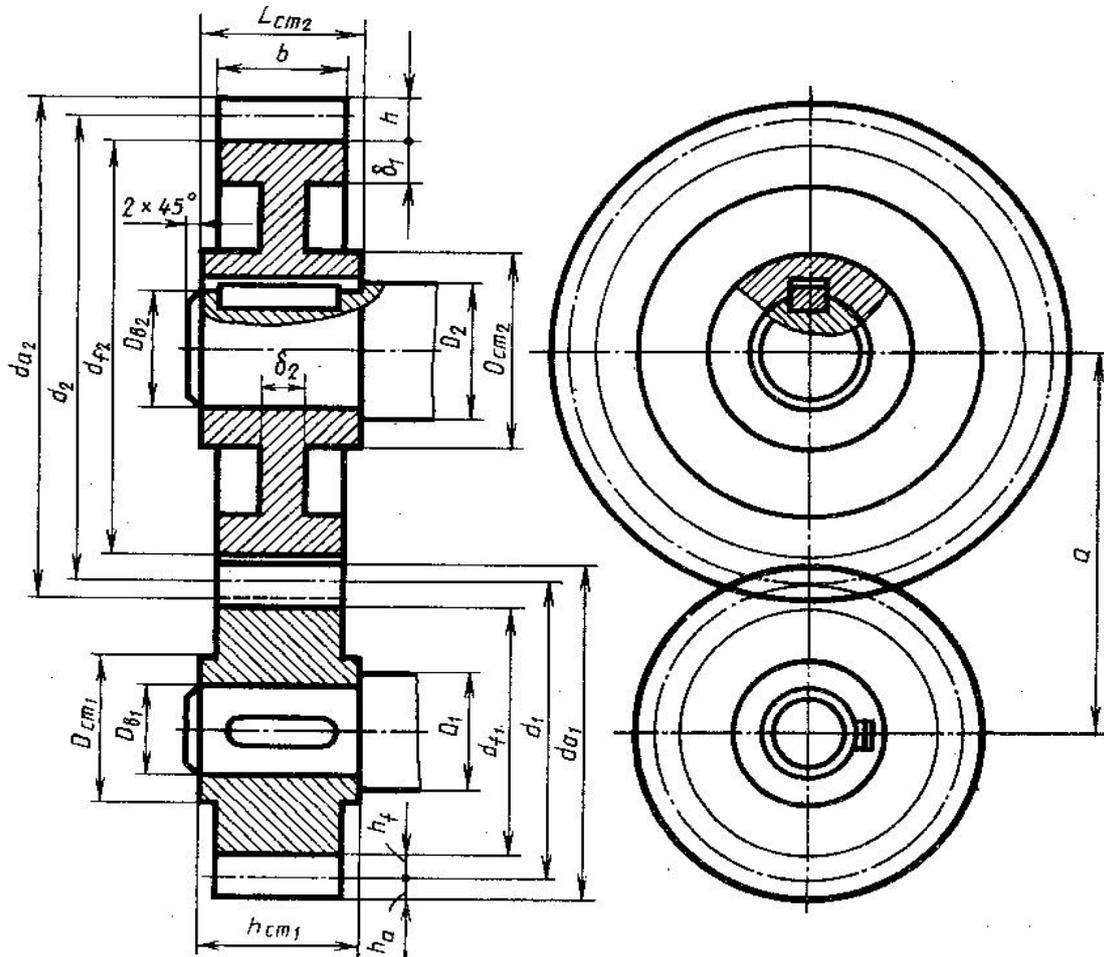
Задание №5 Выполнить чертеж зубчатого зацепления



| № варианта | m | z_1 | z_2 | D_{B1} | D_{B2} | № варианта | m | z_1 | z_2 | D_{B1} | D_{B2} |
|------------|-----|-------|-------|----------|----------|------------|-----|-------|-------|----------|----------|
| 1 | 5 | 20 | 25 | 25 | 25 | 9 | 4 | 18 | 30 | 22 | 25 |
| 2 | 4 | 20 | 40 | 25 | 30 | 10 | 4 | 20 | 36 | 22 | 30 |
| 3 | 5 | 15 | 32 | 25 | 35 | 11 | 4 | 15 | 35 | 20 | 30 |
| 4 | 3 | 25 | 40 | 20 | 25 | 12 | 5 | 16 | 30 | 25 | 32 |
| 5 | 4 | 25 | 35 | 25 | 32 | 13 | 4 | 20 | 32 | 22 | 30 |
| 6 | 4 | 20 | 34 | 22 | 25 | 14 | 5 | 16 | 30 | 25 | 36 |
| 7 | 5 | 18 | 30 | 25 | 32 | 15 | 4 | 15 | 35 | 20 | 25 |
| 8 | 4 | 15 | 35 | 20 | 30 | 16 | 4 | 18 | 35 | 24 | 30 |

| № варианта | m | z_1 | z_2 | D_{B1} | D_{B2} | № варианта | m | z_1 | z_2 | D_{B1} | D_{B2} |
|------------|-----|-------|-------|----------|----------|------------|-----|-------|-------|----------|----------|
| 17 | 4 | 20 | 36 | 25 | 32 | 24 | 4 | 20 | 35 | 25 | 32 |
| 18 | 5 | 16 | 30 | 25 | 30 | 25 | 4 | 18 | 35 | 20 | 30 |
| 19 | 4 | 20 | 30 | 20 | 25 | 26 | 5 | 18 | 32 | 25 | 30 |
| 20 | 4 | 20 | 34 | 20 | 25 | 27 | 4 | 25 | 30 | 20 | 25 |
| 21 | 5 | 16 | 28 | 25 | 35 | 28 | 4 | 20 | 36 | 20 | 30 |
| 22 | 4 | 22 | 36 | 25 | 30 | 29 | 4 | 18 | 38 | 20 | 28 |
| 23 | 4 | 20 | 38 | 22 | 30 | 30 | 5 | 18 | 26 | 25 | 30 |

Образец выполнения чертежа и таблицы
Все размеры – цифровые величины !



Соотношение размеров элементов цилиндрической зубчатой передачи в зависимости от модуля m , чисел зубьев шестерни z_1 и колеса z_2 и диаметров валов шестерни $D_{в1}$ и колеса $D_{в2}$

| Элемент передачи | Обозначение | Размер, мм |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------|
| Высота головки зуба | h_a | $h_a = m$ |
| Высота ножки зуба | h_f | $h_f = 1,25m$ |
| Высота зуба | h | $h = h_a + h_f = 2,25m$ |
| Делительный диаметр шестерни | d_1 | $d_1 = mz$ |
| Диаметр вершин зубьев шестерни | d_{a1} | $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}$ |
| Диаметр впадин шестерни | d_{f1} | $d_{f1} = d_1 - 2h_f$ |
| Длина ступицы шестерни | $L_{ст1}$ | $L_{ст1} = 1,5D_{в1}$ |
| Наружный диаметр ступицы шестерни | $D_{ст1}$ | $D_{ст1} = 1,6D_{в1}$ |
| Диаметр вала шестерни | D_1 | $D_1 = 1,2D_{в1}$ |
| Делительный диаметр колеса | d_2 | $d_2 = mz_2$ |
| Диаметр вершин зубьев колеса | d_{a2} | $d_{a2} = d_2 + 2h_2$ |
| Диаметр впадин колеса | d_{f2} | $d_{f2} = d_2 - 2h_{f2}$ |
| Длина ступицы колеса | $L_{ст2}$ | $L_{ст2} = 1,5D_{в2}$ |
| Наружный диаметр ступицы колеса | $L_{ст2}$ | $L_{ст2} = 1,6D_{в2}$ |
| Диаметр вала колеса | D_2 | $D_2 = 1,2D_{в2}$ |
| Ширина зубчатого венца | b | $b = 6...7m$ |
| Толщина обода зубчатого венца | δ_1 | $\delta_1 = 2,25m$ |
| Толщина диска | δ_2 | $\delta_2 = 1/3b$ |
| Межосевое расстояние | a | $a = 0,5(d_1 + d_2)$ |

Методические указания к решению задач.

Задача.

Задания выполняется на листе формата А4. Оформляется титульный лист, на следующем листе проводятся расчеты. Все расчеты снабжаются схемами или эпюрами. Схемы и эпюры вычерчиваются на отдельном листе. № варианта выбирается соответственно схеме.

Методические указания к решению задач.

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**КОНТРОЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ
ПО ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ.**

Вариант №

Выполнил
Студент
Группа
Проверил
Преподаватель
Харина
Вера Константиновна

Москва 2021

Задача № 3

Выполнить чертеж цилиндрической зубчатой передачи, рассчитав предварительно параметры в соответствии с формулами, указанными в таблице. Размеры шпонок и пазов определить по ГОСТ 23360-78. Нанести размеры на чертеж.

Чертеж выполняется на листе чертежной бумаги, формата А 3 с размерами, соответствующими Вашим расчетам. Второй лист чертежной бумаги, формата А 4 должен содержать таблицу с названиями деталей, формулами расчета и полученных при расчете величин. Выполнение рамок на листах обязательное. Масштаб 1: 1. Лист А 3 располагается горизонтально, лист А 4 – вертикально.

В.К. Харина

Механика

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 19.10.2021 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 2,5 Усл. печ. л. 2,325
Заказ № 800/0616-УМП12 Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru