

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кожедеров Александр Игоревич
Должность: Директор филиала ИнДИ (филиал) ФГБОУ ВО "ЮГУ"
Дата подписания: 16.07.2026 23:55:14
Уникальный программный ключ: 7f4522f81a862743c2711b37d9dd0f6adf40c4c8

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Механика

Направление подготовки (специальности): 21.03.01 *Нефтегазовое дело*

Профиль: *Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти (ИнДИ)*

Форма обучения
Очно-заочная

Квалификация выпускника
Бакалавр

2026 год набора

Виды работ	Объём занятий по семестрам, час										Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Самостоятельная работа					132						132
Контроль					18						18
Дистанционные лекции					10						10
Дистанционные практические занятия					20						20
Форма контроля					Экзамены						-
Итого:					180						180
з.е.					5						5

Ханты-Мансийск, 2026 год
(город)

Предисловие

1. Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) *21.03.01 Нефтегазовое дело* утвержденного № 96 от 09.02.2018 года.

2. Разработчик(и):

Кандидат наук

ученая степень, ученое звание
(при наличии)

(подпись)

А. П. Янукян

(И. О. Фамилия)

3. Согласовано:

Руководитель
образовательной
программы по
направлению подготовки
21.03.01 Нефтегазовое
дело

(подпись)

Г. В. Газя

(И. О. Фамилия)

4. Утверждаю:

Руководитель
структурного
подразделения
Индустриальный институт
(г. Нефтеюганск)

(подпись)

А. П. Янукян

(И. О. Фамилия)

Документ подписан простой электронной подписью в
электронной информационно образовательной среде
Elios 2.0 ФГБОУ ВО «ЮГУ»

Идентификатор документа: 95208



Подписант



Янукян Арам Погосович

Дата подписания

13.05.2026 14:18:59



Газя Геннадий Владимирович

13.05.2026 14:28:55

1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является получение обучающимся фундаментальных знаний в области механики движения и взаимодействия тел.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 учебного плана, модуля «Инженерный модуль».

3 Формируемые компетенции обучающегося

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Планируемые результаты (соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенции)
код компетенции	наименование компетенции	
ОПК-1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания	ОПК-1.1 3-1: Физико-химические свойства углеводородного сырья, классификации нефти и газа, химических реагентов; понимать закономерности физико-химических процессов, происходящих при образовании нефти и газа. Методы исследования нефти, основные способы переработки нефти и газа. Базовые представления общей, динамической, структурной и региональной геологии, стратиграфии, геотектоники и литологии, геологии нефти и газа, промысловой геологии; Свойства горных пород. Законы гидравлики, гидромеханики, способы решения задач, относящихся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания, современные проблемы подземной флюидодинамики; параметры коллекторов, законы фильтрации флюидов в пористых и трещиноватых горных породах, методы решения задач подземной гидромеханики на основе математического, физического и аналогового моделирования. Основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических

	приложениях; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; основные теоремы равновесия для плоских и пространственных систем сил, основные теоремы кинематики точки и системы, плоскопараллельное движение твердого тела, основные теоремы динамики точки и системы, основные положения аналитической механики. ОПК-1.2 З-1: Принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов; принципы совершенствования производственных процессов с использованием экспериментальных данных и результатов моделирования ОПК-1.1 У-1: Определять комплекс аналитических методов для получения информации о составе нефти и газа при решении производственных задач добычи, транспортировки, хранения углеводородного сырья. Проводить сопоставление физических свойств нефти, нефтепродуктов и газа с их составом. Использовать основные законы термодинамики и теплопередачи при решении профессиональных задач. Выбирать методы измерений количества нефти, нефтепродуктов и газа, вычислять погрешности измерений. Объяснять, анализировать и характеризовать геологические процессы и явления. Выполнять гидродинамические расчеты, применяемые при проектировании и анализе разработки нефтяных и газовых месторождений; решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и
--	---

	<i>общеинженерные знания; выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических, и технологических процессов. Объяснить основные наблюдаемые природные и технологические явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий и механических процессов; истолковывать смысл физических величин и понятий; составлять расчетные схемы для элементов конструкций; использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных; использовать методы физического и математического моделирования и анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем</i> ОПК-1.2 У-1: <i>Систематизировать, анализировать и отбирать необходимую информацию для математического анализа; выбирать и применять соответствующие математические методы моделирования физических, химических и технологических процессов в нефтегазовой отрасли</i> ОПК-1.1 В-1: <i>Навыками разработки схемы лабораторных исследования; практическими приемами отбора образцов для лабораторного исследования; правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной лаборатории; обработки и интерпретирования результатов эксперимента. Навыками чтения и построения геологической графики, определения основных горных пород, интерпретации геолого-промысловой информации. Навыками решения прикладных задач гидравлики и гидромеханики, встречающихся в нефтегазовом деле; методами подземной гидромеханики для обеспечения</i>
--	---

		<i>рационального использования эксплуатируемых месторождений нефти и газа. Навыками использования основных общезначимых законов и принципов в важнейших практических приложениях; применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; навыками применения классических методов механики к анализу математических моделей формализованных материальных объектов.</i> ОПК-1.2 В-1: <i>Опытном анализе геолого-промысловой информации на непротиворечивость и достоверность; математического описания и анализа геологических процессов и явлений; навыками моделирования нефтегазовых залежей по геолого-геофизическим материалам</i>
--	--	--

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Тема	Трудоемкость по видам учебной работы, час					Код компетенции	Оценочные средства
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации	Самостоятельная работа		
1	Статика	2	6			44	ОПК-1.	Практическое задание.
2	Кинематика	4	6			44	ОПК-1.	Практическое задание.
3	Динамика	4	8			44	ОПК-1.	Практическое задание.
Итого		10	20			132	—	

5 Образовательные технологии, используемые при различных видах учебной работы

№ темы	Образовательная технология
1-3	Дистанционные технологии
1-3	Технология традиционного обучения

6 Методические материалы по освоению дисциплины

Электронная информационно - образовательная среда представлена личным кабинетом, расположенным по ссылке <https://itport.ugrasu.ru>, электронной библиотечной системой <https://lib.ugrasu.ru>, электронным каталогом Научной библиотеки ЮГУ <https://irbis.ugrasu.ru> и системой дистанционного обучения.

Методические материалы для обучающихся представлены в электронном виде в системе Moodle по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>.

Методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

6.1 Методические указания к занятиям лекционного типа

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать его научно-педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии.

6.2 Методические указания к практическим занятиям

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков. Методические рекомендации по каждой практической работе имеют теоретическую часть, подготовленную отдельно, или указание на источник, необходимый для подготовки к соответствующему практическому занятию, с необходимыми для выполнения работы формулами, пояснениями, таблицами и графиками; алгоритм выполнения заданий. Практические задания сочетаются с теоретическими знаниями. Проведению практического занятия как правило предшествует самостоятельная работа обучающегося.

6.3 Методические указания к самостоятельной работе

В рамках самостоятельной работы обучающийся знакомится с рабочей программой, особое внимание должно уделяться целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Анализируется конспект лекций, ведется подготовка ответов к контрольным вопросам, просматривается рекомендуемая литература, используются аудио-видеозаписи по заданной теме, решаются расчетно-графические задания, задачи по алгоритму и др.

7 Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей). Для осуществления процедуры текущего контроля успеваемости обучающихся НПП создаются оценочные материалы (фонды оценочных

средств), позволяющие оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности компетенций.

Промежуточная аттестация обучающихся производится в дискретные временные интервалы НППР, обеспечивающими реализацию дисциплины в форме: экзамены.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся предполагает предоставление студентам методических рекомендаций по изучению дисциплины, учитывающих особенности ее построения, освоения, преподавания и представлено как электронный учебно-методический комплект документов по дисциплине, размещено в системе управления обучением «Moodle» (сайт Университета по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>) и/или в других системах управления обучением электронной информационно-образовательной среды Университета.

Обучение и контроль обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

7.1 Технологическая карта дисциплины 5-й семестр

№ п/п	Название темы	Максимальное количество баллов
Обязательный уровень (текущая аттестация)		
1	Статика	20
2	Кинематика	25
3	Динамика	25
		70
Обязательный уровень (промежуточная аттестация)		
4	Экзамены	30
		30
	Итого	100
Дополнительный уровень		
5	Решение ситуационных задач	15
		15

Шкала оценивания результатов по балльной системе (экзамены):

Критерии выставления оценки при промежуточной аттестации:

Отлично с 83 по 100 баллов;

Хорошо с 68 по 82 балла;

Удовлетворительно с 50 по 67 баллов;

Неудовлетворительно с 0 по 49 баллов.

7.2 Примерный комплект практических заданий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Индустриальный институт

МЕХАНИКА

методические указания к выполнению практических работ и организации
самостоятельной работы обучающихся направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело» по дисциплине «Механика»

Составитель к.э.н. *А.П. Янукия*

Нефтеюганск, 2026

Механика: методические указания к выполнению практических работ и организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Механика» / сост. А.П. Янукян.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Рекомендации по организации самостоятельной работы	5
2 Содержание дисциплины	6
2.1 Статика	6
2.2 Кинематика	8
2.3 Динамика	10
3. Задания к практическим работам	11
3.1 Задача 1 и пример решения	11
3.2 Задача 2 и пример решения	16
3.3 Задача 3 и пример решения	20
3.4 Задача К1 и пример решения	26
3.5 Задача К2 и пример решения	29
3.6 Задача К3 и пример решения	35
3.7 Задача Д1 и пример решения	40
Приложение	42
Литература	43

Введение

Механика это одна из естественнонаучных дисциплин, цель которой - математическое моделирование простейших явлений окружающей нас реальности. К простейшим явлениям относят изменение или сохранение взаимного расположения в пространстве и времени материальных тел, представленных также своими простейшими моделями. Такие изменения называют механическим движением и отличают от других скрытых и явных движений материи: молекулярных, тепловых, электрических, магнитных и так далее. Теоретическая механика изучает закономерности механических движений тел и силовых их взаимодействий, а также закономерности взаимодействий тел с силовыми полями. При этом все тела мы представляем себе мысленно раздробленными на материальные точки, то есть на такие весьма малые образования, размерами которых можно пренебречь.

Механика является универсальной основой для последующих, более специализированных и детальных курсов сопротивления материалов, теории упругости, теории пластичности, механики деформируемых сред, гидродинамики.

Механика состоит из трех основных частей: статики, кинематики и динамики.

Статика - это раздел механики, в котором изучаются методы преобразования систем сил в эквивалентные системы и устанавливаются условия равновесия сил, приложенных к твердому телу.

Кинематика - это раздел механики, в котором изучает движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения, независимо от действующих на них сил.

Динамика - это раздел механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве в зависимости от действующих на них сил.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа является важной составляющей в изучении дисциплины и состоит из следующих видов деятельности: самостоятельное изучение теоретического материала, выполнение и защита контрольной работы.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем, при домашней подготовке.

Самостоятельная работа проводится с целью: систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубления и расширения теоретических знаний; формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу; формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развития исследовательских умений.

Для выбора задания, студент должен использовать двузначный номер варианта, выданный преподавателем. Первая цифра варианта соответствует номеру схемы на рисунке, вторая цифра соответствует номеру строки или столбца в таблице.

Контрольные работы студентов очной формы обучения оформляются с использованием компьютера. Расчетные схемы и эпюры могут быть выполнены в программе Word или КОМПАС. Контрольные работы сдаются преподавателю в распечатанном и электронном виде.

Контрольные работы студентов заочной формы обучения могут быть оформлены в тетради от руки. Графическая часть работы выполняется с использованием чертежных инструментов с соблюдением пропорций.

Собеседование (защита) по контрольной работе является обязательным условием допуска студента к экзамену. К защите принимаются работы, выполненные студентом самостоятельно.

Собеседование - наиболее распространенный метод контроля знаний учащихся, вариант текущей проверки, процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных возможностей усвоения учащимися учебного материала.

При подготовке к собеседованию (защите) по контрольной работе студент должен:

1. Предварительно повторить теоретический материал по теме контрольной работы.
2. Повторить цель и содержание задания.
3. Продумать логику и последовательность решения практического задания.

Ответы на поставленные вопросы должны быть аргументированными.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Статика

Статика есть часть механики, изучающая условия, при которых тело находится в равновесии.

Основные понятия механики – сила и момент.

Сила есть мера механического воздействия на тела. Сила – величина векторная, т.е. имеет три характеристики: числовое значение, направление и точку приложения. Согласно международной системе единиц (СИ) сила измеряется в ньютонах (Н).

Момент является характеристикой вращательного движения. В статике понятие момента используют для описания вращения тела относительно точки или оси под действием приложенной силы. Момент силы есть величина

векторная. Вектор момента расположен перпендикулярно плоскости вращения тела, направлен в сторону, откуда вращение видится происходящим против хода часовой стрелки, а величина момента равна произведению численного значения силы на плечо. Плечом называется кратчайшее расстояние от линии действия силы до центра/оси вращения. Размерность момента силы M ($H \cdot m$).

Содержание системы уравнений равновесия определяется видом системы сил, приложенной к телу.

Вид системы сил	Условие равновесия	Содержание условий равновесия
Плоская система сходящихся сил:	$\begin{cases} \Sigma X = 0 \\ \Sigma Y = 0 \end{cases}$	Суммы проекций всех сил системы на оси x и y должны быть равны нулю.
Пространственная система сходящихся сил:	$\begin{cases} \Sigma X = 0 \\ \Sigma Y = 0 \\ \Sigma Z = 0 \end{cases}$	Суммы проекций всех сил системы на оси x , y и z должны быть равны нулю.
Плоская система произвольно расположенных сил:	$\begin{cases} \Sigma X = 0 \\ \Sigma Y = 0 \\ \Sigma M = 0 \end{cases}$	Суммы проекций всех сил системы на оси x и y должны быть равны нулю и сумма моментов всех сил системы относительно любой точки плоскости должна быть равна нулю.
Пространственная система произвольно расположенных сил:	$\begin{cases} \Sigma X = 0 \\ \Sigma Y = 0 \\ \Sigma Z = 0 \\ \Sigma M_x = 0 \\ \Sigma M_y = 0 \\ \Sigma M_z = 0 \end{cases}$	Суммы проекций всех сил системы на оси x , y и z должны быть равны нулю и суммы моментов всех сил системы относительно осей x , y и z должны быть равны нулю.

Кинематические связи и принцип освобождения от связей

Одной из важнейших задач статики является определение реактивных сил/моментов. Реактивной называется сила/момент, с которой связь действует на тело. Направление реактивной силы/момента противоположно тому перемещению/углу поворота, которое предотвращает связь. Это определение позволяет пользоваться общим принципом «освобождения от кинематических связей». Для этого каждая кинематическая связь отбрасывается, а её действие на тело заменяется соответствующей силой или моментом. Примером такой

кинематической связи может служить опорный стержень, препятствующий перемещению механической системы в направлении оси опорного стержня. Другим примером кинематических связей является «жесткая заделка» в некоторой точке тела. Освобождая тело от этой связи, следует приложить в этой точке две взаимно перпендикулярные реактивные силы, препятствующие перемещению этой точки в плоскости, и реактивный момент, препятствующий повороту упругого тела в этой точке

Понятие статически определимой и статически неопределимой механической системы

Числовые значения части реактивных сил/моментов могут быть определены из уравнений равновесия (уравнений статики). Если это возможно, соответствующая механическая система называется статически определимой. Если часть реактивных сил/моментов не определяется из уравнений статики (их больше, чем уравнений равновесия), то соответствующая механическая система называется статически неопределимой. Механическая система называется «N раз статически неопределимой», если после замены всех кинематических связей реактивными силами/моментами и решения уравнений статики N реактивных сил/моментов остались неопределенными.

2.2. Кинематика

Кинематика – часть теоретической механики, в которой изучаются кинематические характеристики движущегося тела (траектория, путь, скорость, ускорение) без учета сил, влияющих на это движение.

Содержание дисциплины излагается кратко и лишь в том объеме, который необходим для выполнения расчетно-графических работ.

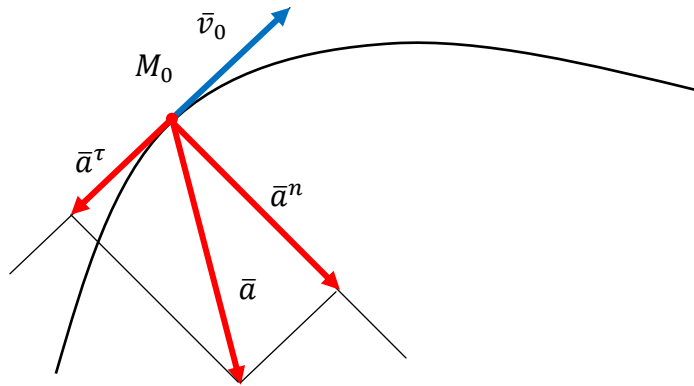
Кинематика точки

Естественный способ задания движения точки предусматривает знание траектории движения и закон изменения расстояния от начального положения точки на этой траектории: $s = f(t)$

При естественном способе задания движения численное значение скорости точки определяется, как *первая производная пути по времени*.

$$v = \frac{ds}{dt}; \left[\frac{м}{с} \right]$$

В общем случае движения при естественном способе задания движения, вектор ускорения раскладывают на две составляющие, нормальное ускорение и касательное ускорение.



Формулы для определения величины составляющих ускорения:

Нормальное ускорение:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}; \left[\frac{м}{с^2} \right]$$

Здесь ρ – радиус кривизны траектории точки в данный момент времени.

Касательное (тангенциальное) ускорение:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}; \left[\frac{м}{с^2} \right]$$

Полное ускорение:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

Координатный способ задания движения точки предусматривает задание системы координат и знание законов изменения координат точки во времени.

Для точки, совершающей движения в плоскости:

$$x = f_1(t)$$

$$y = f_2(t)$$

Чтобы получить сведения о форме траектории нужно выразить зависимость одной координаты от другой, исключив время, т.е. получить уравнение траектории. Для плоского движения уравнение траектории имеет вид: $y = f(x)$.

Скорость при координатном способе задания движения определяют через проекции скорости на координатную ось:

$$v_x = \frac{dx}{dt}; v_y = \frac{dy}{dt};$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Ускорение при координатном способе задания движения определяют через проекции ускорения на координатную ось:

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2}; a_y = \frac{d^2y}{dt^2};$$
$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Векторный способ задания движения точки предусматривает задание радиус-вектора $\vec{r}$, привязанного в начале координат и его закона изменения по направлению и численному значению во времени:

$$\vec{r} = f(t)$$

По теме кинематика точки в расчетно-графической работе студенты должны решить задачу К1.

Кинематика твердого тела

Поступательное движение тела

Все точки тела при его поступательном движении имеют одинаковую скорость и ускорение.

Таким образом, поступательное движение твердого тела вполне определяется движением одной из его точек. Следовательно, все формулы кинематики точки применимы для тела, движущегося поступательно.

Вращательное движение тела

Функция, задающая вращательное движение тела:

$$\varphi = f(t)$$

где φ - угловое перемещение (*рад*).

Линейное перемещение s точки тела, совершающего чисто вращательное движение:

$$s = \varphi R$$

где R – расстояние от точки до центра вращения (*м*).

Линейная скорость точки тела, совершающего чисто вращательное движение:

$$v = R\omega$$

где ω (*рад/с*) - угловая скорость вращающегося тела.

Линейное ускорение точки тела, совершающего чисто вращательное движение:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$$
$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = R\varepsilon$$

где ε (рад/с²) - угловое ускорение вращающегося тела.

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon.$$

Плоскопараллельное движение твердого тела

Для исследования плоскопараллельного движения тела в расчетно-графической работе должны быть использованы два метода: метод мгновенных центров скоростей и метод разложения плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное.

Оба метода подробно изложены в учебном пособии [1].

3. Задания к практическим работам

Для выбора задания, студент должен использовать двузначный номер варианта, выданный преподавателем. Первая цифра варианта соответствует номеру схемы на рисунке, вторая цифра соответствует номеру строки или столбца в таблице.

Задачи по темам статики имеют в обозначении букву С.

По темам раздела «Статика» студенты должны решить задачи С1, С2, С3.

Расчетно-графические работы студентов очной формы обучения оформляются с использованием компьютера. Расчетные схемы и эпюры могут быть выполнены в программе Word или КОМПАС. Расчетно-графические работы сдаются преподавателю в распечатанном виде в папке-скоросшивателе.

Работы студентов очно-заочной формы обучения могут быть оформлены в тетради от руки. Графическая часть работы выполняется с использованием чертежных инструментов с соблюдением пропорций. Пример оформления титульного листа тетради показан в приложении 2.

Защита работы является обязательным условием допуска студента к зачету или экзамену. При защите студент должен продемонстрировать:

- знание основных понятий и законов механики, алгоритмов решения задач;
- умение решать задачи, используя законы механики и соответствующие математические аппараты;
- владение навыками, необходимыми для решения задач, а также грамотного и логичного изложения этих решений.

К защите принимаются контрольные работы, выполненные студентом самостоятельно.

3.1. Задача 1

Тема: «Пространственная система сходящихся сил»

Конструкция состоит из шести невесомых стержней, которые вписаны в грани параллелепипеда. Данные выбрать из таблицы С1 и рис. С1.1-С1.9.

Верхняя грань параллелепипеда – квадрат, диагонали боковых граней составляют с горизонтальной плоскостью угол $\varphi=60^0$. Диагональ параллелепипеда составляет с горизонтальной плоскостью угол $\theta=51^0$. Стержни соединены между собой шарнирами.

В шарнирах-узлах, соединяющих стержни приложены силы $P=200$ Н и $Q=100$ Н. Сила P образует с положительными направлениями осей x , y , z углы, соответственно $\alpha_1=45^\circ$; $\beta_1=60^\circ$; $\gamma_1=60^\circ$, сила Q - углы $\alpha_2=60^\circ$; $\beta_2=45^\circ$; $\gamma_2=60^\circ$.

Определить усилия в стержнях.

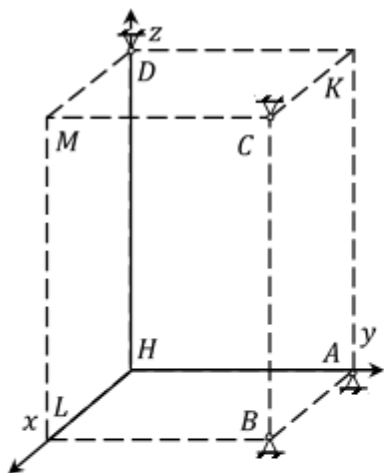


Рис. C1.1

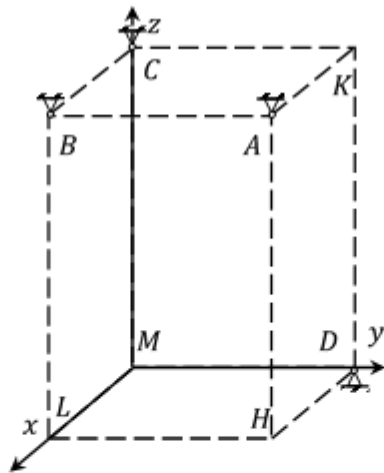


Рис. C1.2

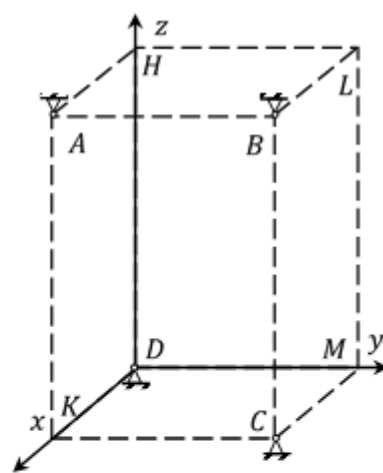


Рис. C1.3

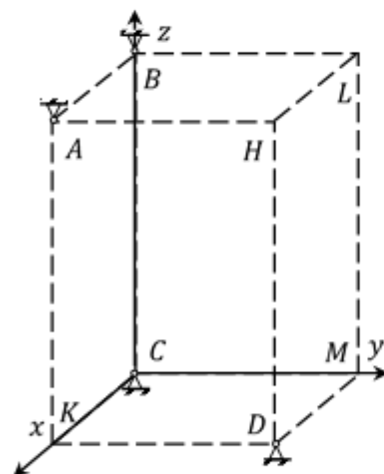


Рис. C1.4

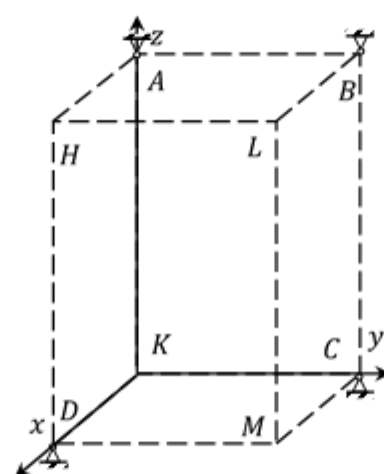


Рис. C1.5

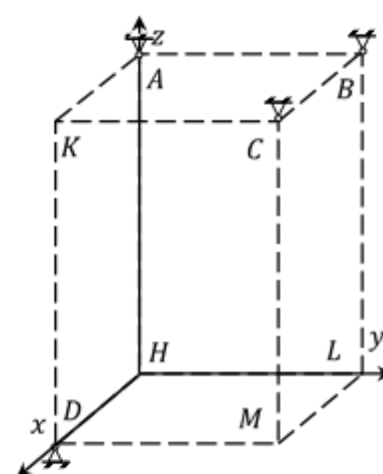


Рис. C1.6

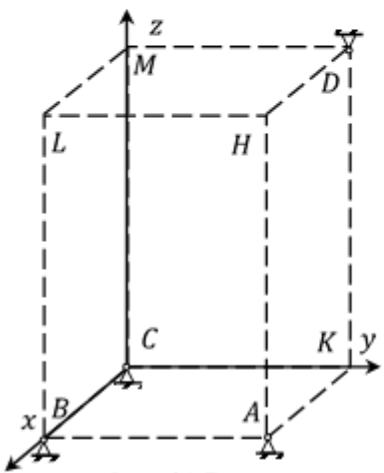


Рис. C1.7

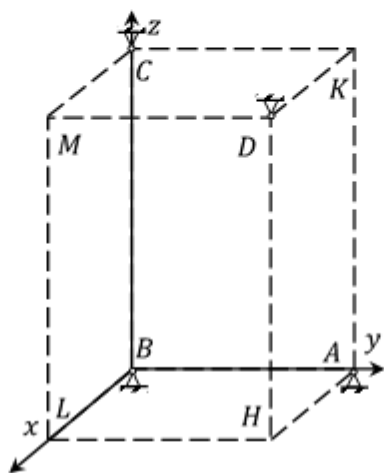


Рис. C1.8

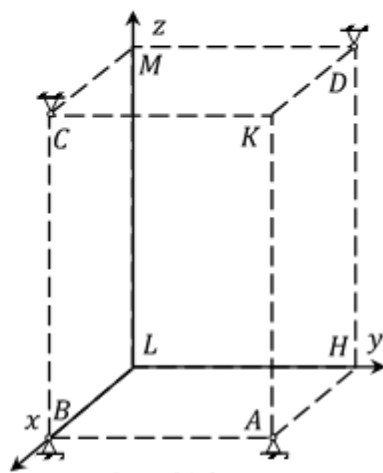


Рис. C1.9

Таблица С1

Вторая цифра варианта	Узел, в котором приложена сила $\bar{P}$	Узел, в котором приложена сила $\bar{Q}$	Стержни, образующие конструкцию
0	Н	М	НМ, НА, НВ, МА, МС, МД
1	Л	М	ЛМ, ЛА, ЛД, МА, МВ, МС
2	К	М	КМ, КА, КВ, МА, МС, МД
3	Л	Н	ЛН, ЛС, ЛД, НА, НВ, НС
4	К	Н	КН, КВ, КС, НА, НС, НД
5	М	Н	МН, МВ, МС, НА, НС, НД
6	Л	Н	ЛН, ЛВ, ЛД, НА, НВ, НС
7	К	Н	КН, КС, КД, НА, НВ, НС
8	Л	М	ЛМ, ЛВ, ЛД, МА, МВ, МС
9	К	М	КМ, КА, КД, МА, МВ, МС

Указания: для решения задачи следует рассмотреть в равновесии шарниры, в которых приложены силы $\bar{P}$ и $\bar{Q}$. При составлении уравнения равновесия, силы, приложенные к шарниру со стороны стержней, направляем от шарнира вдоль каждого стержня.

Пример решения задачи 1

В грани параллелепипеда вписаны шесть невесомых стержней. Верхняя грань – квадрат, диагональ боковой грани составляет с горизонтальной плоскостью угол φ . Диагональ параллелепипеда составляет с горизонтальной плоскостью угол θ . Стержни соединены между собой шарнирами.

В узле Н приложена сила $\bar{P}$, в узле М – сила $\bar{Q}$. Сила $\bar{P}$ образует с положительными направлениями осей x , y , z углы, соответственно α_1 , β_1 , γ_1 , сила $\bar{Q}$ – углы α_2 , β_2 , γ_2 .

Дано:

$P=200$ Н; $\alpha_1=45^\circ$; $\beta_1=60^\circ$; $\gamma_1=60^\circ$;

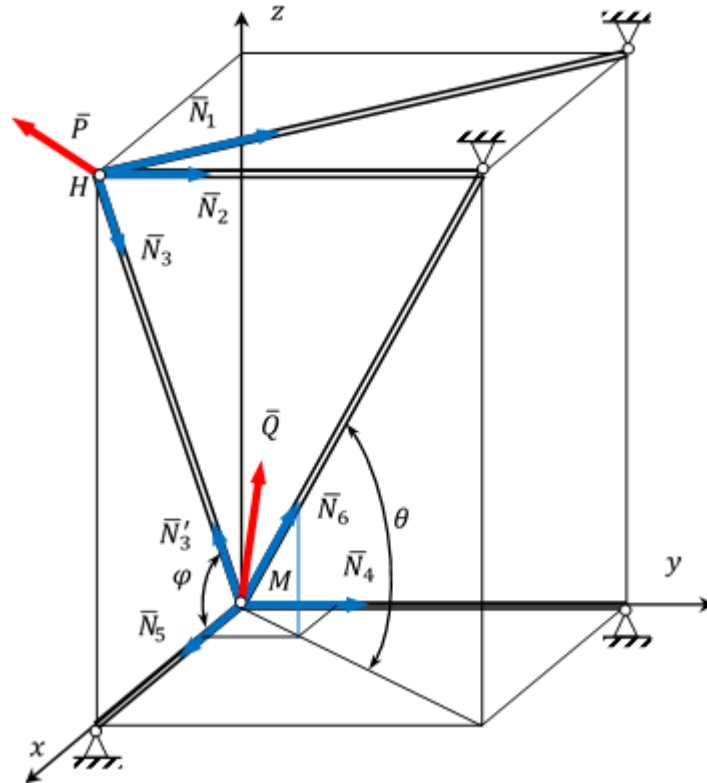
$Q=100$ Н; $\alpha_2=60^\circ$; $\beta_2=45^\circ$; $\gamma_2=60^\circ$;

$\varphi=60^\circ$; $\theta=51^\circ$

Определить усилия в стержнях.

Решение:

Изображаем условно силы P и Q , приложенные в шарнирах. Точное их расположение не обязательно, т.к. для выполнения расчета достаточно данных о



значении углов, которые эти силы образуют с осями.

Для решения задачи используем принцип вырезания шарниров. То есть мысленно вырезаем шарнир, прикладываем силы, приложенные к нему, и рассматриваем шарнир в равновесии. Силы, приложенные к шарниру со стороны стержней, направляем от шарнира вдоль каждого стержня.

Система сил, приложенных к шарниру, образует пространственную систему сходящихся сил. Условие равновесия выражено тремя уравнениями равновесия.

Первым рассмотрим в равновесии шарнир H , т.к. он соединяет три стержня и составив для него три уравнения равновесия, усилия во всех стержнях могут быть определены сразу.

Составляем уравнения равновесия для шарнира H .

$$\Sigma X = P \cos \alpha_1 - N_1 \cos 45^\circ - N_3 \cos \varphi = 0$$

$$\Sigma Y = P \cos \beta_1 + N_1 \sin 45^\circ + N_2 = 0$$

$$\Sigma Z = P \cos \gamma_1 - N_3 \sin \varphi = 0$$

Решаем систему уравнений равновесия для шарнира H .

$$N_3 = \frac{P \cos \gamma_1}{\sin \varphi} = \frac{200 \cdot 0,5}{0,87} = 115,47 \text{ Н}$$

$$N_1 = \frac{P \cos \alpha_1 - N_3 \cos \varphi}{\cos 45^\circ} = \frac{200 \cdot 0,71 - 115,47 \cdot 0,5}{0,71} = 118,34 \text{ Н}$$

$$N_2 = -P \cos \beta_1 - N_1 \sin 45^\circ = -200 \cdot 0,5 - 118,34 \cdot 0,71 = -183,67 \text{ Н}$$

Знак минус у силы N_2 говорит о том, что действительное направление этой силы противоположно тому, которое было выбрано первоначально, т.е. сила N_2 имеет направление к шарниру, а не от него.

Составляем уравнения равновесия для шарнира M .

$$\Sigma X = Q \cos \alpha_2 + N'_3 \cos \varphi + N_5 + N_6 \cos \theta \cos 45^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = Q \cos \beta_2 + N_4 + N_6 \cos \theta \sin 45^\circ = 0$$

$$\Sigma Z = Q \cos \gamma_2 + N'_3 \sin \varphi + N_6 \sin \theta = 0$$

Решаем систему уравнений равновесия для шарнира M , принимая во внимание, что сила N'_3 равна силе N_3 , но направлена противоположно ей.

$$N_6 = \frac{-Q \cos \gamma_2 - N'_3 \sin \varphi}{\sin \theta} = \frac{-100 \cdot 0,5 - 115,47 \cdot 0,87}{0,78} = 192,89 \text{ Н}$$

$$N_5 = -Q \cos \alpha_2 - N'_3 \cos \varphi - N_6 \cos \theta \cos 45^\circ =$$

$$= -100 \cdot 0,5 - 115,47 \cdot 0,5 - 192,89 \cdot 0,63 \cdot 0,71 = -194,01 \text{ Н}$$

$$N_4 = -Q \cos \beta_2 - N_6 \cos \theta \sin 45^\circ = -100 \cdot 0,71 - 192,89 \cdot 0,63 \cdot 0,71 =$$

$$= -157,28 \text{ Н}$$

Задача решена.

Ответ:

$$N_1 = 118,34 \text{ Н};$$

$$N_2 = -183,67 \text{ Н};$$

$$N_3 = 115,47 \text{ Н}$$

$$N_4 = -157,28 \text{ Н}$$

$$N_5 = -194,01 \text{ Н}$$

$$N_6 = 192,89 \text{ Н}$$

3.2. Задача 2

Тема: «Плоская система произвольно расположенных сил»

Жесткая плоская рама имеет опоры в точках A и B . Расположение и длины стержней, образующих раму указаны на рисунках С2.1-С2.9. Длина единичного отрезка $a = 0,5$ м.

В точке C к раме прикреплен трос, на конце которого закреплен груз, весом $P = 15$ кН.

На раму действуют момент $M = 5$ кНм и две силы. Значения, направления и точки приложения сил заданы в таблице С2 и рис. С2.10.

Положение конструкции задано с помощью шарнирных опор.

Определить реактивные силы в точках A и B .

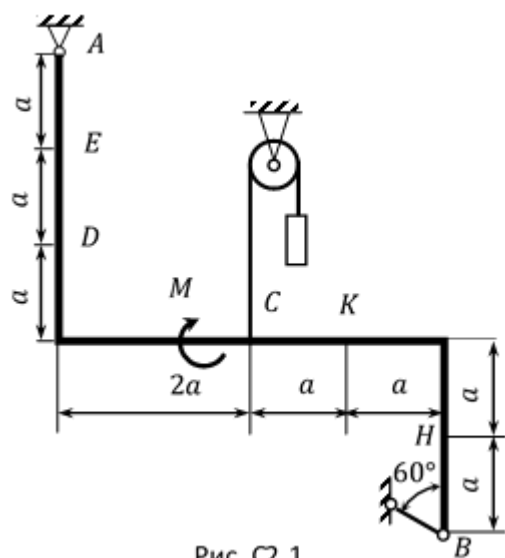


Рис. С2.1

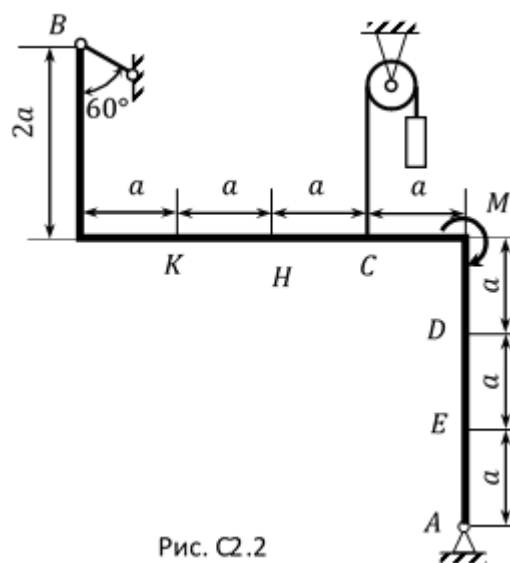


Рис. С2.2

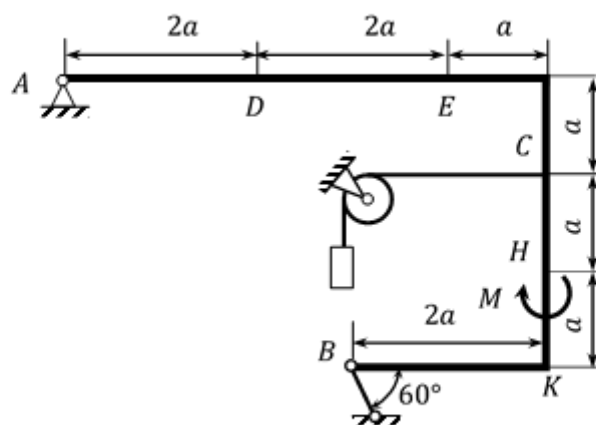


Рис. С2.3

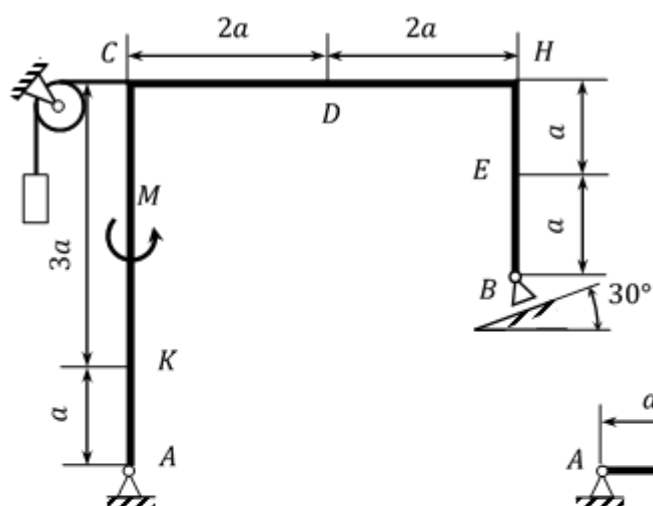


Рис. С2.4

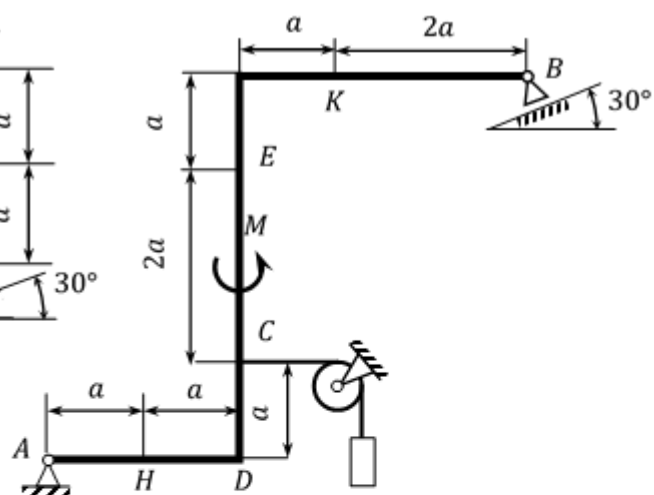


Рис. С2.5

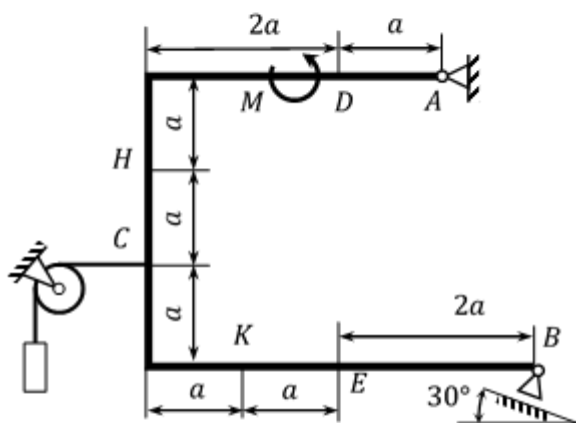


Рис. С2.6

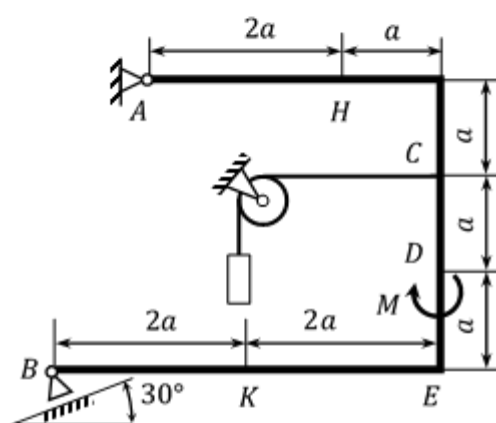


Рис. С2.7

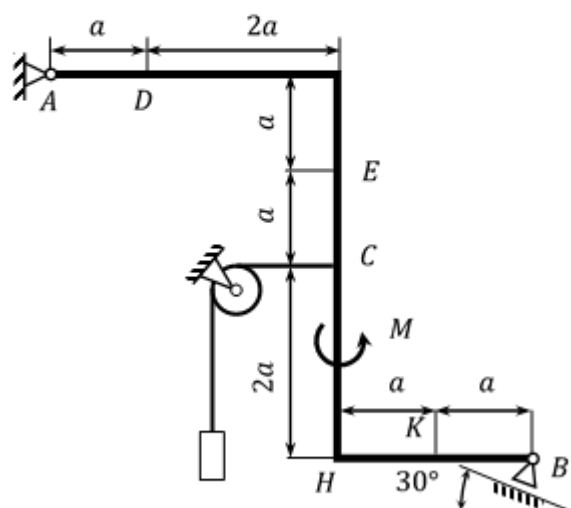


Рис. С2.8

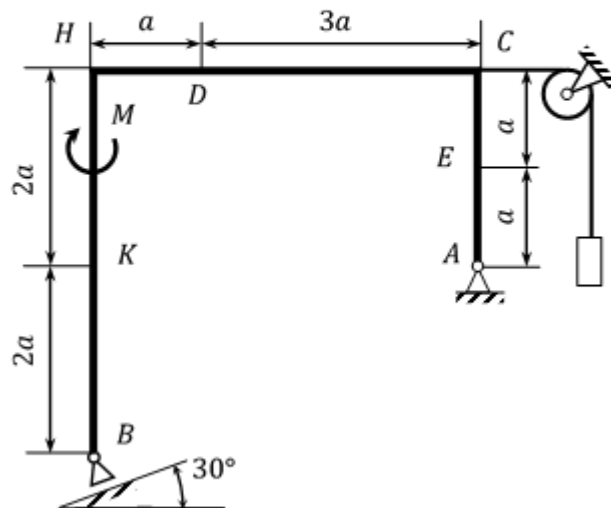


Рис. С2.9

Вторая	$F_1 = 10 \text{ кН}$	$F_2 = 15 \text{ кН}$	$F_3 = 20 \text{ кН}$	$F_4 = 25 \text{ кН}$
--------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

цифра варианта	Точка приложен ия	α_1 , град	Точка приложен ия	α_2 , град	Точка приложен ия	α_3 , град	Точка приложен ия	α_4 , град
0	К	30			Н	15		
1			Д	60	Е	75		
2	Н	60					К	30
3			Н	30	Д	30		
4	Е	75	К	15				
5	Д	30					Е	60
6			Е	75	Н	60		
7	Д	15					Н	75
8			К	30			Д	30
9					К	60	Е	60

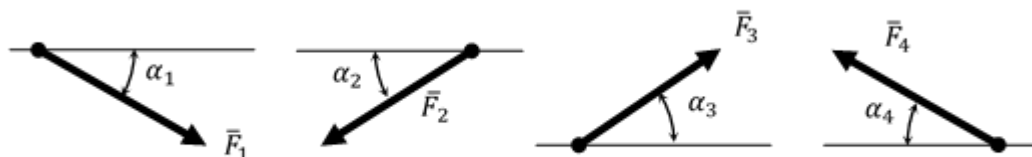


Рис. С2.10

Указания: при составлении уравнения моментов, в качестве центра моментов следует выбрать шарнирно неподвижную опору. Трением в блоке, через который перекинут трос, пренебречь.

Пример решения задачи С2

К раме AB приложены две силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ и момент M . Положение рамы зафиксировано опорами в точках A и B . В точке C прикреплен трос, на конце которого закреплен груз, весом P .

Дано:

$$F_1 = 10 \text{ кН}, \alpha_1 = 30^\circ$$

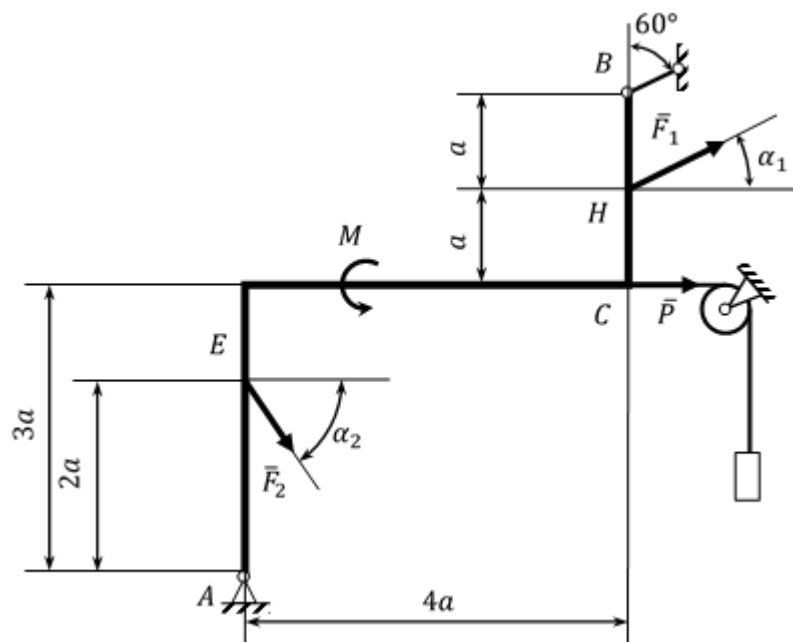
$$F_2 = 20 \text{ кН}, \alpha_2 = 60^\circ$$

$$P = 15 \text{ кН}$$

$$M = 5 \text{ кНм}$$

$$a = 0,5 \text{ м}$$

Определить величину реактивных сил X_A, Y_A, R_B .



Решение:

Изобразим реактивные силы и для удобства расчета разложим все силы на удобные составляющие по осям x и y .

На раму действует плоская система произвольно расположенных сил, под действием которой она находится в равновесии. Значит выполнено условие равновесия.

Составим уравнения равновесия:

$$\Sigma X = X_A + F_2 \cos \alpha_2 + P + F_1 \cos \alpha_1 + R_B \sin 60^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = Y_A - F_2 \sin \alpha_2 + F_1 \sin \alpha_1 + R_B \cos 60^\circ = 0$$

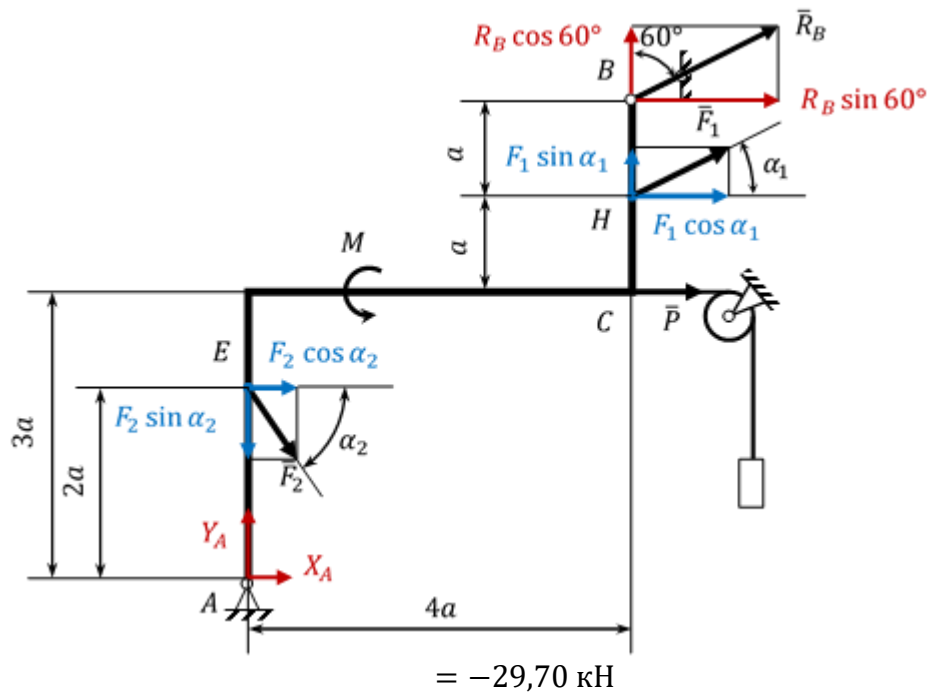
$$\Sigma M_A = -F_2 \cos \alpha_2 \cdot 2a + M - P \cdot 3a - F_1 \cos \alpha_1 \cdot 4a + F_1 \sin \alpha_1 \cdot 4a + \\ + R_B \cos 60^\circ \cdot 4a - R_B \sin 60^\circ \cdot 5a = 0$$

Составляя уравнение моментов, в качестве центра момента следует выбрать опорную точку A , чтобы легче было определять значение плеча каждой силы, и чтобы математическое решение было более простым.

Решение начинаем с уравнения моментов:

$$R_B = \frac{F_2 \cos \alpha_2 \cdot 2a - M + P \cdot 3a + F_1 \cos \alpha_1 \cdot 4a - F_1 \sin \alpha_1 \cdot 4a}{\cos 60^\circ \cdot 4a - \sin 60^\circ \cdot 5a} =$$

$$= \frac{20 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 0,5 - 5 + 15 \cdot 3 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,87 \cdot 4 \cdot 0,5 - 10 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 0,5}{0,5 \cdot 4 \cdot 0,5 - 0,87 \cdot 5 \cdot 0,5} =$$



Определяем значения сил X_A и Y_A .

$$X_A = -F_2 \cos \alpha_2 - P - F_1 \cos \alpha_1 - R_B \sin 60^\circ =$$

$$= -20 \cdot 0,5 - 15 - 10 \cdot 0,87 - (-29,70) \cdot 0,87 = -7,86 \text{ кН}$$

$$Y_A = F_2 \sin \alpha_2 - F_1 \sin \alpha_1 - R_B \cos 60^\circ =$$

$$= 20 \cdot 0,87 - 10 \cdot 0,5 - (-29,70) \cdot 0,5 = 27,25 \text{ кН}$$

Знак минус у сил говорит о том, что действительные их направления противоположны тем, что приняты первоначально. Задача решена.

Ответ:

$$X_A = -7,86 \text{ кН}; \quad Y_A = 27,25 \text{ кН}; \quad R_B = -29,70 \text{ кН}$$

3.3. Задача 3

Тема: «Пространственная система произвольно расположенных сил»

Две плиты соединены жестко под прямым углом. Расположение и размеры плит указаны на рисунках С3.1-С3.9. Длина единичного отрезка $a = 0,5$ м. Вес большей плиты $P_1 = 7$ кН, вес меньшей плиты $P_2 = 3$ кН. На плиты действуют: момент $M = 5$ кНм и две силы. Значения, направления и точки приложения сил выбрать из таблицы С3 и рис. С3.10.

Положение конструкции задано с помощью шарнирных опор. Определить значения реактивных сил.

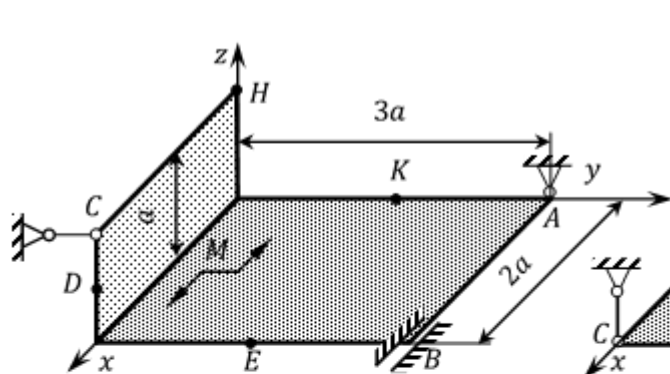


Рис. С3.1

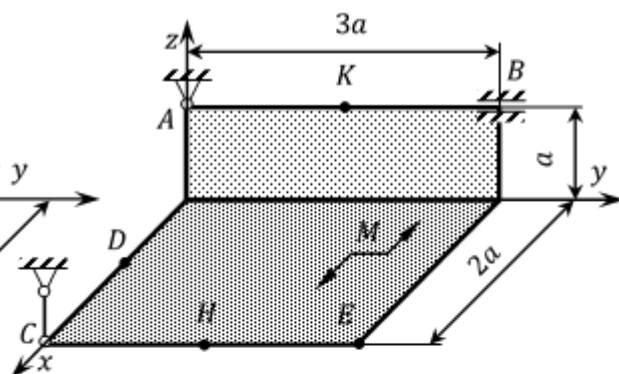


Рис. С3.2

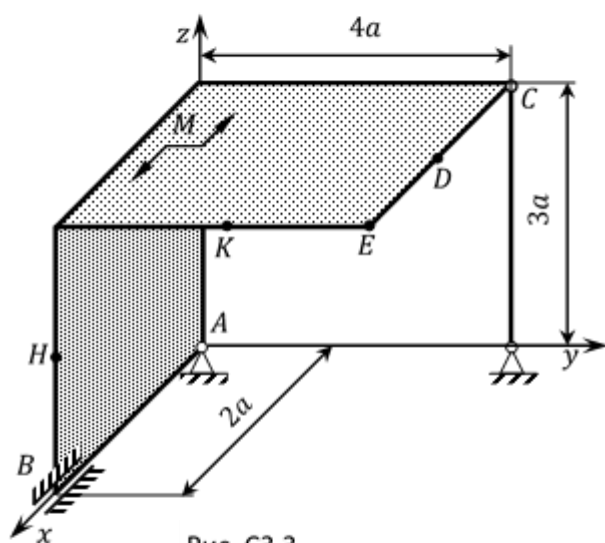


Рис. С3.3

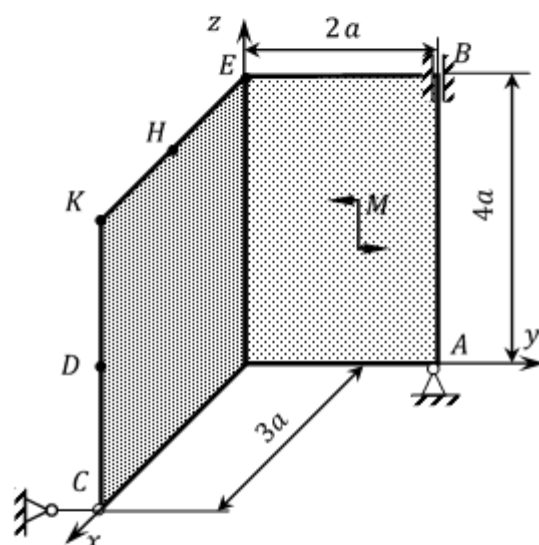


Рис. С3.4

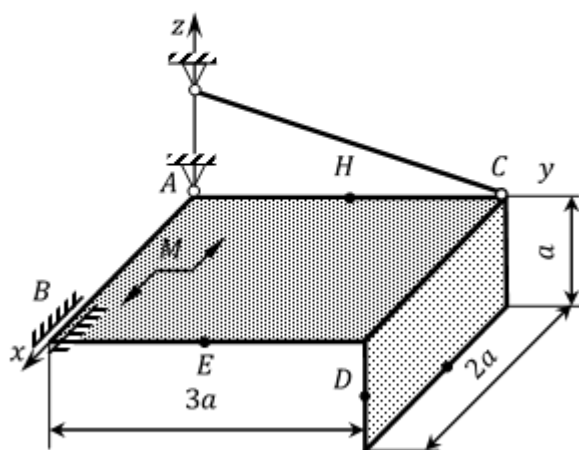


Рис. С3.5

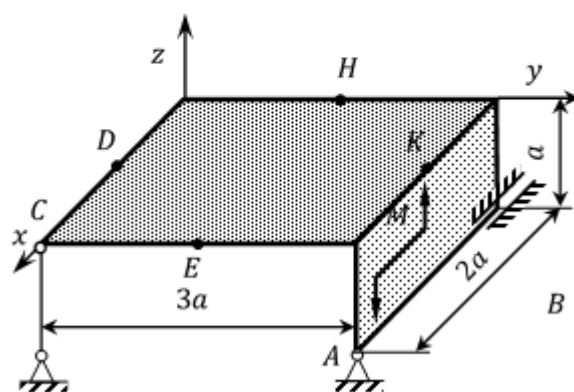


Рис. С3.6

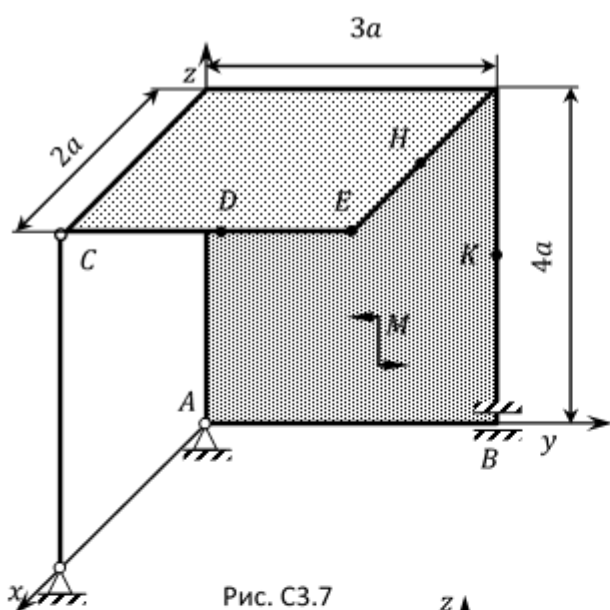


Рис. С3.7

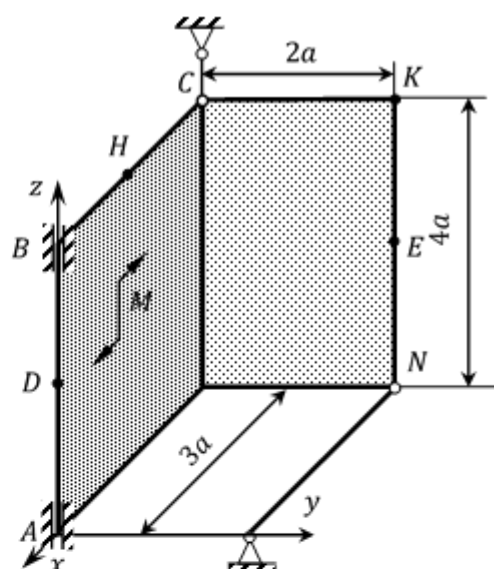


Рис. С3.8

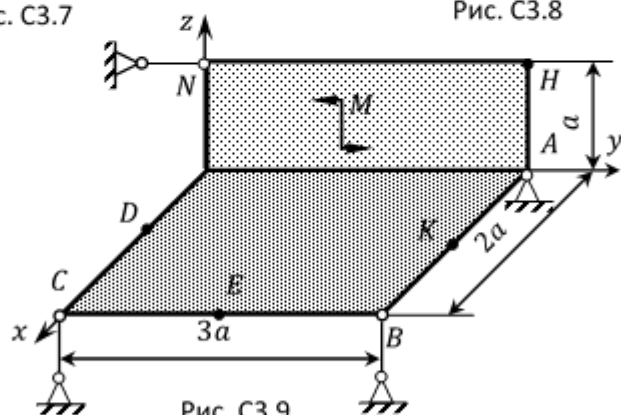


Рис. С3.9

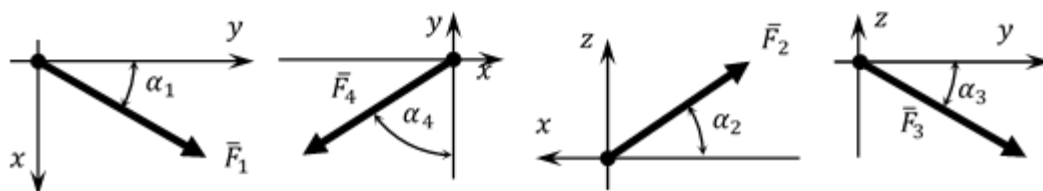


Рис. С3.10

Таблица С3

Вторая цифра вариант а	$F_1 = 4$ кН		$F_2 = 6$ кН		$F_3 = 8$ кН		$F_1 = 10$ кН	
	Точка приложени я	α_1 , град	Точка приложени я	α_2 , град	Точка приложени я	α_3 , град	Точка приложени я	α_4 , град
0	К	30			Н	45		
1			Д	60	Е	90		
2	Н	60					К	30
3			Н	30	Д	30		
4	Е	90	К	45				
5	Д	30					Е	60

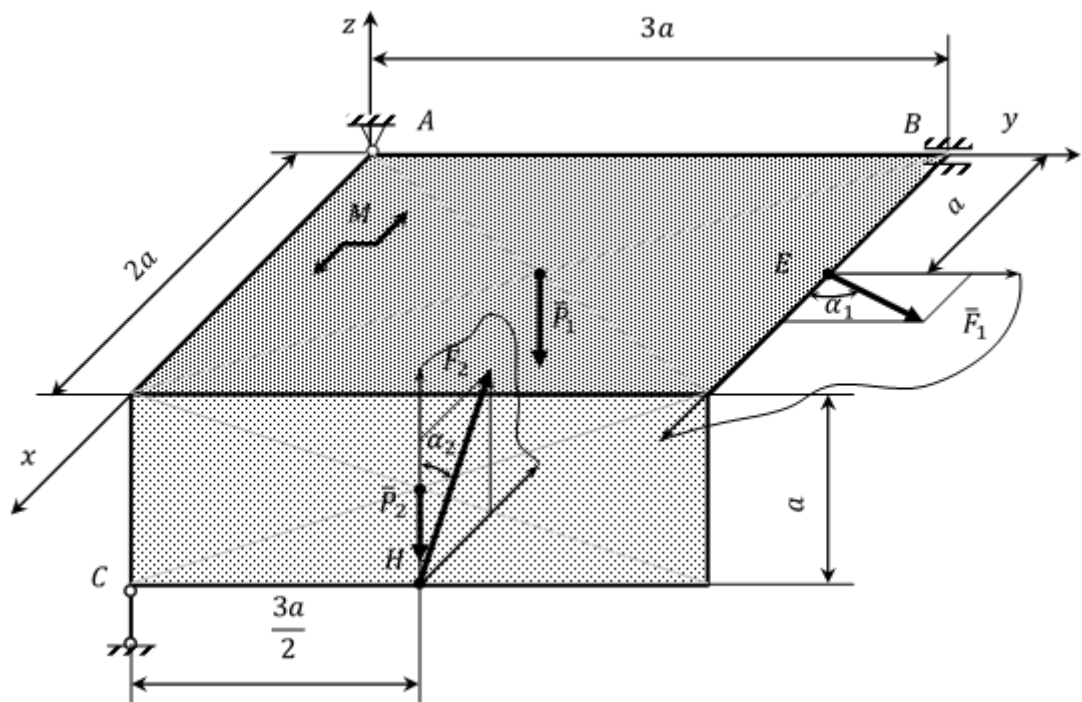
6			Е	90	Н	60		
7	D	45					Н	90
8			К	30			D	30
9					К	60	Е	60

Пример решения задачи 3

Две плиты соединены жестко под прямым углом. Вес одной P_1 , второй P_2 . В точке E приложена сила $\bar{F}_1$, расположенная в плоскости xu . В точке H приложена сила $\bar{F}_2$, расположенная в плоскости xz . В плоскости xu лежит пара сил с моментом M . Положение конструкции задано с помощью сферического шарнира в точке A , цилиндрического шарнира в точке B и невесомого стержня в точке C .

Дано:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 5 \text{ кН}; & P_2 &= 3 \text{ кН}; \\
 F_1 &= 10 \text{ кН}; & F_2 &= 20 \text{ кН}; \\
 \alpha_1 &= 30^\circ; & \alpha_2 &= 60^\circ; \\
 M &= 5 \text{ кНм}; & a &= 0,5 \text{ м};
 \end{aligned}$$



Определить значения реактивных сил.

Решение:

1. Перенесем силу $\bar{P}_2$ вдоль линии действия в точку.
2. Разложим силы $\bar{F}_1$ и $\bar{F}_2$ на удобные составляющие по осям, задающим плоскости их расположения.
3. Изображаем реактивные силы.
4. Составляем систему уравнений равновесия.

$$\Sigma X = X_A + X_B + F_1 \cos \alpha_1 - F_2 \sin \alpha_2 = 0$$

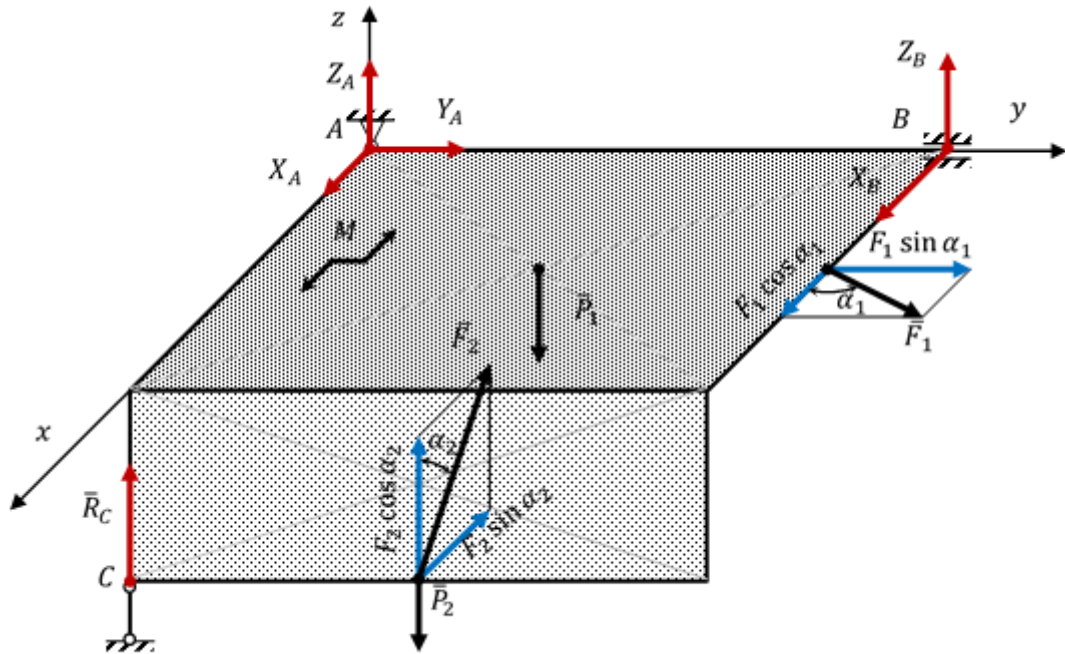
$$\Sigma Y = Y_A + F_1 \sin \alpha_1 = 0$$

$$\Sigma Z = Z_A + Z_B + R_C - P_1 - P_2 + F_2 \cos \alpha_2 = 0$$

$$\Sigma M_x = Z_B \cdot 3a - P_1 \cdot \frac{3a}{2} - P_2 \cdot \frac{3a}{2} + F_2 \cos \alpha_2 \cdot \frac{3a}{2} = 0$$

$$\Sigma M_y = -R_C \cdot 2a + P_1 \cdot a + P_2 \cdot 2a - F_2 \cos \alpha_2 \cdot 2a + F_2 \sin \alpha_2 \cdot a = 0$$

$$\Sigma M_z = -X_B \cdot 3a - F_1 \cos \alpha_1 \cdot 3a + F_1 \sin \alpha_1 \cdot a + F_2 \sin \alpha_2 \cdot \frac{3a}{2} + M = 0$$



5. Решаем систему уравнений и определяем значения реактивных сил. Уравнения могут быть решены в любой последовательности. По знаку реактивной силы определяем ее действительное направление.

$$Y_A = -F_1 \sin \alpha_1 = -10 \cdot 0,5 = -5 \text{ кН}$$

$$Z_B = \frac{P_1 \cdot \frac{3a}{2} + P_2 \cdot \frac{3a}{2} - F_2 \cos \alpha_2 \cdot \frac{3a}{2}}{3a} = \frac{5 \cdot \frac{3 \cdot 0,5}{2} + 3 \cdot \frac{3 \cdot 0,5}{2} - 20 \cdot 0,5 \cdot \frac{3 \cdot 0,5}{2}}{3 \cdot 0,5} = -1 \text{ кН}$$

$$R_C = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot 2a - F_2 \cos \alpha_2 \cdot 2a + F_2 \sin \alpha_2 \cdot a}{2a} = \frac{5 \cdot 0,5 + 3 \cdot 2 \cdot 0,5 - 20 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 0,5 + 20 \cdot 0,87 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,5} = 4,2 \text{ кН}$$

$$X_B = \frac{-F_1 \cos \alpha_1 \cdot 3a + F_1 \sin \alpha_1 \cdot a + F_2 \sin \alpha_2 \cdot \frac{3a}{2} + M}{3a} =$$

$$= \frac{-10 \cdot 0,87 \cdot 3 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 20 \cdot 0,87 \cdot \frac{3 \cdot 0,5}{2} + 5}{3 \cdot 0,5} = 5 \text{ кН}$$

$$X_A = -X_B - F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 = -5 - 10 \cdot 0,87 + 20 \cdot 0,87 = 3,7 \text{ кН}$$

$$Z_A = -Z_B - R_C + P_1 + P_2 - F_2 \cos \alpha_2 =$$

$$= -(-1) - 4,2 + 5 + 3 - 20 \cdot 0,5 = -5,2 \text{ кН}$$

Ответ:

$$Y_A = -5 \text{ кН}$$

$$Z_B = -1 \text{ кН}$$

$$R_C = 4,2 \text{ кН}$$

$$X_B = 5 \text{ кН}$$

$$X_A = 3,7 \text{ кН}$$

$$Z_A = -5,2 \text{ кН}$$

110.1.Задача К1

Тема: «Кинематика точки»

Движение точки в плоскости задано в координатной форме уравнениями:

$$x = f_1(t),$$

$$y = f_2(t),$$

координаты x и y выражены в сантиметрах, время t в секундах.

Данные для решения задачи выбрать, в соответствии с вариантом, по таблице К1.

При решении могут быть полезными тригонометрические формулы:

$$\cos 2\alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

Определить траекторию точки. Для момента времени $t_1 = 1$ с определить: скорость v_1 ; ускорение a_1 ; нормальное ускорение a_{n1} ; касательное ускорение $a_{\tau 1}$; и радиус кривизны траектории ρ_1 .

Таблица К1

1-я цифра варианта	$x = f_1(t)$	2-я цифра варианта	$y = f_2(t)$
0	$6 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	0	$3 - \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
1	$4 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right) - 2$	1	$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) - 3$
2	$3 - \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	2	$2 + \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$
3	$6 \sin\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	3	$6 + \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$
4	$8 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right) - 2$	4	$3 \sin\left(\frac{\pi}{3}t\right) - 2$
5	$12 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$	5	$12 \sin\left(\frac{\pi}{3}t\right) + 1$
6	$2 + \sin\left(\frac{\pi}{3}t\right)$	6	$2 + \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
7	$6 + \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$	7	$6 + 2\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$
8	$2 \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right) + 2$	8	$2 \sin\left(\frac{\pi}{3}t\right) + 2$
9	$3 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) - 4$	9	$\cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) - 4$

Пример решения задачи К1

Дано: Движение точки в плоскости задано уравнениями (координаты x и y выражены в $см$):

$$\begin{aligned}x &= 5\cos\frac{\pi t}{2} \\ y &= 3\sin\frac{\pi t}{2}\end{aligned}$$

Определить траекторию точки.

Определить для момента времени $t_1 = 1 с$:

- скорость v_1 ;
- ускорение a_1 ;
- нормальное ускорение a_{n1} ;
- касательное ускорение $a_{\tau1}$;
- радиус кривизны траектории ρ_1 .

Решение:

1. Находим траекторию точки.

Исключаем время из уравнений движения:

Введем обозначения:

$$\frac{\pi t}{2} = \alpha$$

Тогда:

$$x = 5; \quad y = 3 \sin \alpha$$

Из тригонометрии известна формула приведения:

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

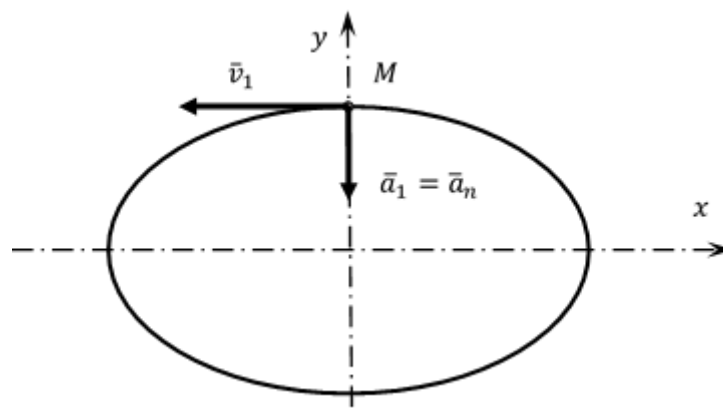
Выразим $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$:

$$\cos \alpha = \frac{x}{5}; \quad \sin \alpha = \frac{y}{3}$$

Подставим в формулу приведения:

$$\left(\frac{y}{3}\right)^2 + \left(\frac{x}{5}\right)^2 = 1$$

Полученное уравнение – это уравнение эллипса. Следовательно,



траектория движения точки эллипс с полуосями 5 и 3.

Подставляя заданный момент времени t_1 в уравнения движения точки, определяем ее координаты:

$$x_1 = 0; y_1 = 3$$

2. Вычисляем скорость точки:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d\left(5\cos\frac{\pi t}{2}\right)}{dt} = \frac{-5\pi \sin\frac{\pi t}{2}}{2}$$
$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d\left(3\sin\frac{\pi t}{2}\right)}{dt} = \frac{3\pi \cos\frac{\pi t}{2}}{2}$$

Подставляя в полученные формулы моменты времени t_1 , находим:

$$v_{x1} = \frac{-5 \cdot 3,14 \sin\frac{\pi}{2}}{2} = -7,85 \text{ см/с}$$
$$v_{y1} = \frac{3 \cdot 3,14 \cos\frac{\pi}{2}}{2} = 0 \text{ см/с}$$

$$v_1 = \sqrt{(v_{x1})^2 + (v_{y1})^2} = \sqrt{(-7,85)^2 + (0)^2} = -7,85 \text{ см/с}$$

3. Вычисляем ускорение точки.

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d\left(\frac{-5\pi \sin\frac{\pi t}{2}}{2}\right)}{dt} = \frac{-5\pi^2 \cos\frac{\pi t}{2}}{4}$$
$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d\left(\frac{3\pi \cos\frac{\pi t}{2}}{2}\right)}{dt} = \frac{-3\pi^2 \sin\frac{\pi t}{2}}{4}$$

Подставляя в полученные формулы моменты времени t_1 , находим:

$$a_{x1} = \frac{-5\pi^2 \cos\frac{\pi}{2}}{4} = 0 \text{ см/с}^2$$
$$a_{y1} = \frac{-3\pi^2 \sin\frac{\pi}{2}}{4} = -7,39 \text{ см/с}^2$$
$$a_1 = \sqrt{(a_{x1})^2 + (a_{y1})^2} = \sqrt{(0)^2 + (-7,39)^2} = -7,39 \text{ см/с}^2$$

4. Вычисляем касательное ускорение точки.

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{v_x a_x + v_y a_y}{v}$$

Для момента времени $t_1 = 1\text{с}$:

$$a_{\tau 1} = \frac{v_{x1} a_{x1} + v_{y1} a_{y1}}{v_1} = \frac{(-7,85) \cdot 0 + 0 \cdot (-7,39)}{-7,85} = 0$$

5. Вычисляем нормальное ускорение точки.

$$a_n = \sqrt{(a)^2 - (a_\tau)^2}$$

Для момента времени $t_1 = 1\text{с}$:

$$a_{n1} = \sqrt{(a_1)^2 - (a_{\tau1})^2} = \sqrt{(-7,39)^2 - (0)^2} = 7,39 \text{ см/с}^2$$

6. Вычисляем радиус кривизны траектории:

$$\rho_1 = \frac{v_1^2}{a_{n1}} = \frac{(-7,85)^2}{7,39} = 8,34 \text{ см}$$

Результаты изображаем на чертеже.

2.1 Задача К2

Тема: «Кинематика твердого тела (поступательное и вращательное движение)»

Механизм состоит из ступенчатых колес 2, 3, 4, находящихся в зацеплении или связанных ременной передачей, зубчатой рейки 1, и груза 5. Схему выбрать на рисунках К1.0-К1.9 по первой цифре варианта. Размеры колес указаны в таблице К2: R – наружный, r – внутренний радиусы колес.

Таблица К2

r_2	R_2	r_3	R_3	r_4	R_4
4 см	6 см	2 см	3 см	8 см	10 см

Задан закон движения ведущего звена (выбрать по второй цифре варианта из таблицы К2а).

Для момента времени $t_1 = 2\text{ с}$ определить кинематические характеристики, перечисленные в таблице К2а.

Считать положительным направлением для φ и ω направление против хода часовой стрелки, для s_1 ; s_5 ; v_1 ; v_5 – направление вниз.

Таблица К2а

2-я цифра варианта	Закон движения ведущего звена	Искомые характеристики
0	$s_1 = 2(7t - t^3)$	v_A ; ω_2 ; ε_4 ; a_B ; a_1
1	$\omega_2 = 3(4t - 3t^2)$	v_B ; ω_3 ; ε_2 ; a_C ; a_5
2	$s_5 = 4(6t + t^3)$	v_C ; ω_4 ; ε_3 ; a_A ; a_1
3	$\varphi_2 = 2(3t^3 - 2t)$	v_1 ; ω_2 ; ε_4 ; a_B ; a_5
4	$\omega_3 = 4(2t^2 + t)$	v_5 ; ω_3 ; ε_2 ; a_C ; a_1
5	$v_1 = 2(t^2 - 4t)$	v_A ; ω_4 ; ε_3 ; a_A ; a_5

6	$\varphi_3 = 3(2t + t^3)$	$v_B; \omega_2; \varepsilon_4; a_B; a_1$
7	$s_1 = 6(2t - t^3)$	$v_C; \omega_3; \varepsilon_2; a_C; a_5$
8	$v_5 = 4(t + 3t^2)$	$v_1; \omega_4; \varepsilon_3; a_A; a_1$
9	$\omega_4 = 3(3t + t^3)$	$v_5; \omega_2; \varepsilon_4; a_B; a_5$

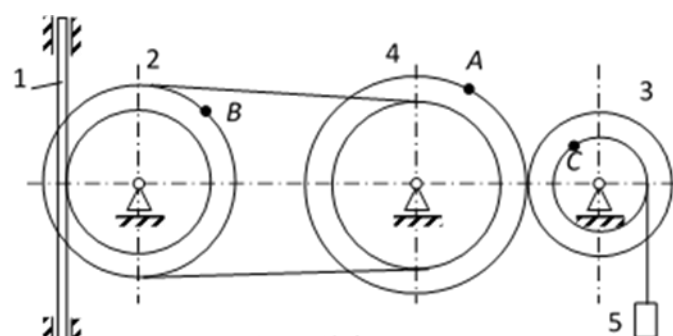


Рис. К2.0

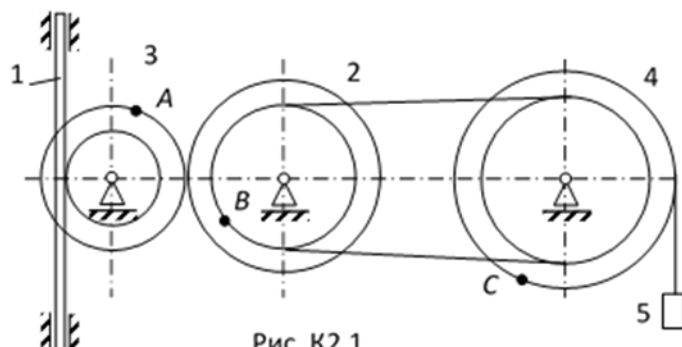


Рис. К2.1

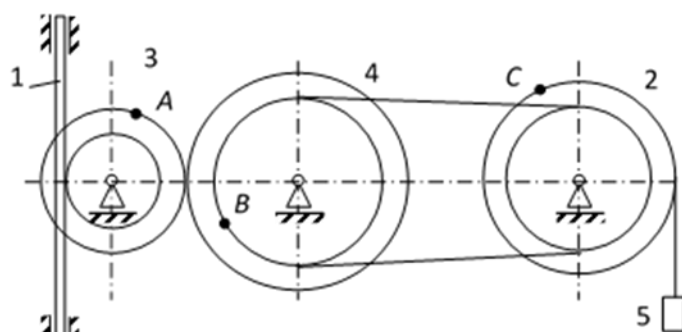


Рис. К2.2

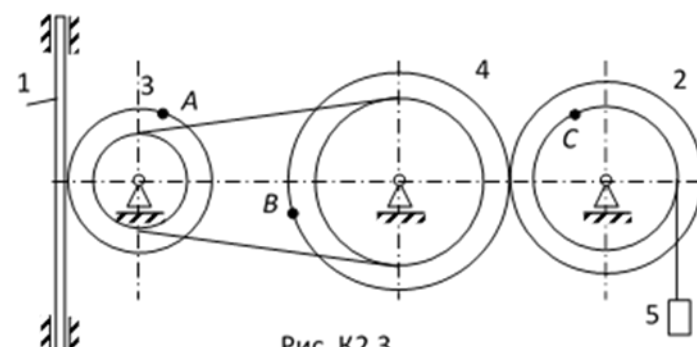


Рис. К2.3

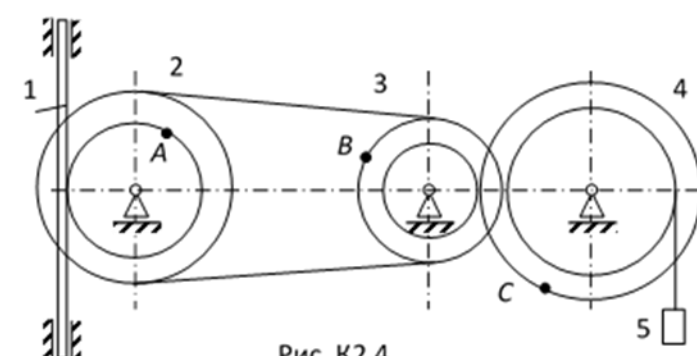


Рис. К2.4

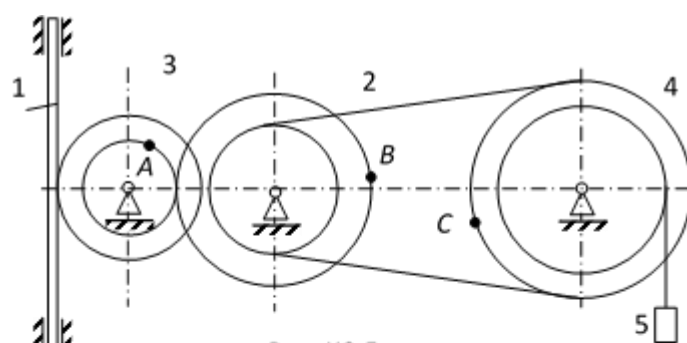


Рис. К2.5

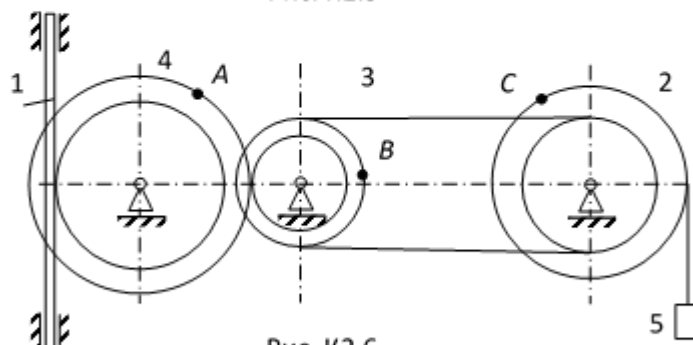


Рис. К2.6

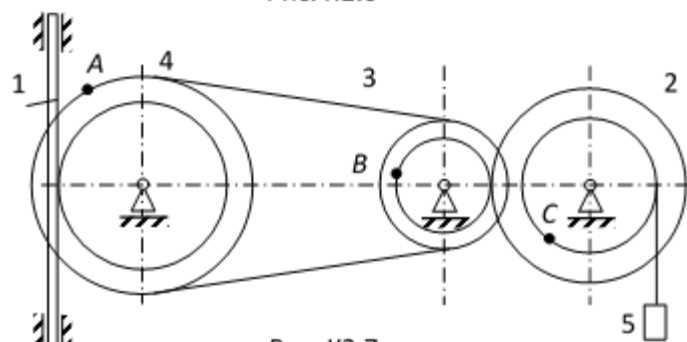


Рис. К2.7

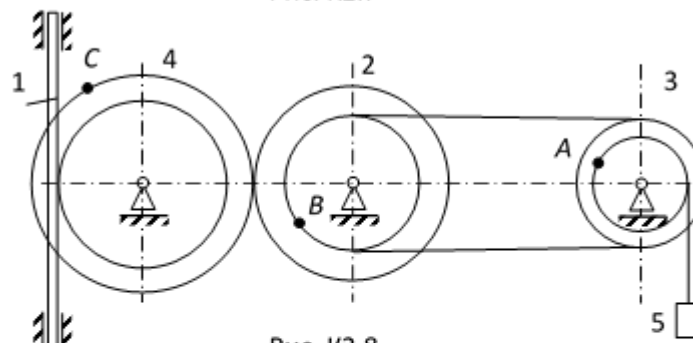


Рис. К2.8

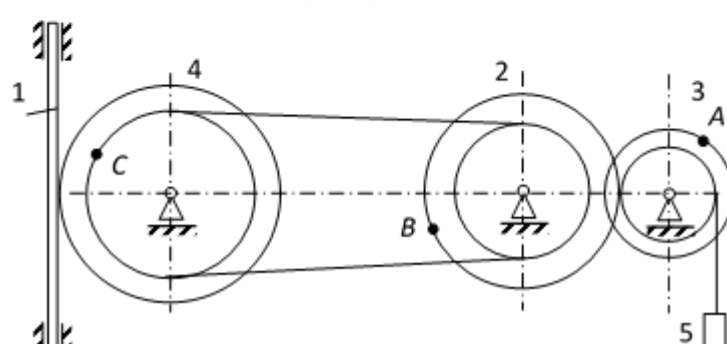
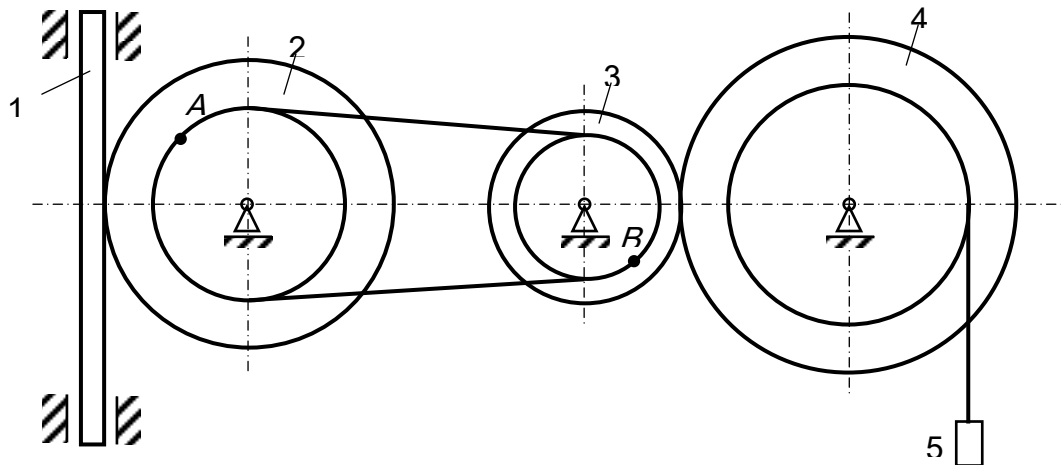


Рис. К2.9

Пример решения задачи K2

Дано: Механизм, состоящий из зубчатой рейки 1, ступенчатых зубчатых



колес 2 - 4 и груза 5.

1-2 реечная передача; 2-3 ременная передача; 3-4 зубчатая передача.

Закон движения рейки:

$$s_1 = 2(5t - t^2)$$

Размеры колес указаны в таблице K26: R – наружный, r – внутренний радиусы колес.

Таблица K26

r_2	R_2	r_3	R_3	r_4	R_4
6 см	8 см	2 см	4 см	10 см	12 см

Принять движение вниз за положительное направление движения рейки.

Найти:

для момента времени $t_1 = 1$ с определить: v_A ; v_B ; ε_2 ; a_B ; a_5 .

Решение:

1. Определим направление движения рейки в заданный момент времени:

$$s_1 = 2(5 \cdot 1 - 1^2) = 8 \text{ см}$$

Рейка движется вниз, т.к. результат положительный.

2. Определяем скорость рейки в заданный момент времени:

$$v_1 = \frac{ds_1}{dt} = \frac{d(2(5t - t^2))}{dt} = 2(5 - 2t)$$

Для момента времени $t_1 = 1$ с получим $v_1 = 6 \text{ см/с}$

Рейка движется поступательно, все ее точки имеют одинаковую скорость и ускорение.

3. Линейная скорость точек наружного обода колеса 2.

$$v_2 = v_1$$

Т.к. скорость точки в зацеплении рейки и колеса может иметь только одно значение.

4. Угловая скорость колеса 2.

$$\omega_2 = \frac{v_2}{R_2} = \frac{(5 - 2t)}{4}$$

5. Линейная скорость внутреннего обода колеса 2.

$$u_2 = \omega_2 r_2 = \frac{3(5 - 2t)}{2}$$

6. Линейная скорость внутреннего обода колеса 3.

На внутренний обод колеса 2 и внутренний обод колеса 3 наброшен ремень, который осуществляет поступательное движение (проскальзывание отсутствует). Все его точки движутся с одинаковой скоростью, следовательно, будет:

$$u_2 = u_3$$

7. Угловая скорость колеса 3.

$$\omega_3 = \frac{u_3}{r_3} = \frac{3(5 - 2t)}{4}$$

8. Линейная скорость точек наружного обода колеса 3.

$$v_3 = \omega_3 R_3 = 3(5 - 2t)$$

9. Линейная скорость точек наружного обода колеса 4.

$$v_4 = v_3$$

10. Угловая скорость колеса 4.

$$\omega_4 = \frac{v_4}{R_4} = \frac{(5 - 2t)}{4}$$

11. Линейная скорость внутреннего обода колеса 3.

$$u_4 = \omega_4 r_4 = \frac{5(5 - 2t)}{2}$$

12. Определяем скорость груза 5.

Груз 5 крепится на тросе, намотанном на внутренний обод колеса 4. Линейная скорость точек троса, следовательно, и груза 5, равна линейной скорости точек внутреннего обода колеса 4:

$$v_5 = u_4$$

13. Отвечаем на поставленные вопросы:

Для момента времени $t_1 = 1$ с:

$$v_A = u_2 = \frac{3(5-2)}{2} = 4,5 \text{ см/с}$$

$$v_B = u_4 = \frac{5(5-2)}{2} = 7,5 \text{ см/с}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{d \frac{(5-2t)}{4}}{dt} = -0,5 \text{ рад/с}^2$$

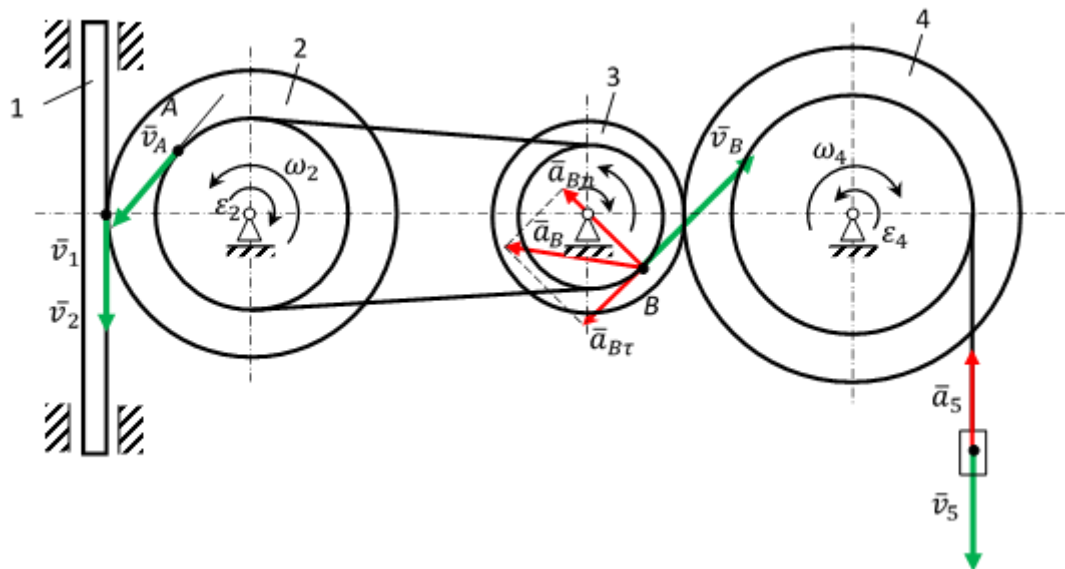
$$a_5 = \frac{dv_A}{dt} = \frac{d \frac{3(5-2t)}{2}}{dt} = -3 \text{ см/с}^2$$

$$a_{Bn} = \omega_2^2 r_2 = \left(\frac{3}{4}\right)^2 \cdot 6 = 3,38 \text{ см/с}^2$$

$$a_{B\tau} = \frac{dv_2}{dt} = \frac{d(2(5-2t))}{dt} = -4 \text{ см/с}^2$$

$$a_B = \sqrt{a_{Bn}^2 + a_{B\tau}^2} = \sqrt{3,38^2 + (-4)^2} = 5,24 \text{ см/с}^2$$

14. Изображаем полученные результаты на чертеже.



Ответ:

$$v_A = 4,5 \frac{\text{см}}{\text{с}}; v_B = 7,5 \frac{\text{см}}{\text{с}}; \varepsilon_2 = -0,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; a_B = 5,24 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}; a_5 = -3 \text{ см/с}^2$$

214.1. Задача КЗ

Тема: «Кинематика твердого тела (плоскопараллельное движение)»

Рычажный механизм образован стержнями: O_1A (кривошип), AB (шатун), DE (шатун), O_2B (коромысло) и ползуном E . Точка D расположена посередине шатуна AB . Схему механизма выбрать на рисунках КЗ.0 - КЗ.9 по первой цифре варианта.

Заданы длины стержней:

$$l_1 = O_1A = 0,4 \text{ м}$$

$$l_2 = AB = 1,2 \text{ м}$$

$$l_3 = DE = 1,4 \text{ м}$$

$$l_4 = O_2B = 0,6 \text{ м}$$

Положение стержней задано углами: α ; β ; γ ; φ ; θ . Значения углов следует выбрать по второй цифре варианта из таблиц КЗа и КЗб. На схемах стрелками указаны направления, в которых должны быть отложены значения углов.

В таблицах КЗа и КЗб указаны известные и искомые кинематические характеристики. Данные и таблицы КЗа выбирают студенты, у которых первая цифра варианта 0, 1, 2, 3, 4. Данные и таблицы КЗб выбирают студенты, у которых первая цифра варианта 5, 6, 7, 8, 9.

Заданные угловые скорости ω_1 и ω_4 считать постоянными.

Заданные угловые скорости и ускорения считать направленными против хода часовой стрелки, а заданные скорость и ускорение точки B направленными от точки B к b .

Построение чертежа начать со стержня, положение которого задано углом α .

Таблица КЗа

2-я цифра варианта	Значения углов, град					Дано		Найти			
	α	β	γ	φ	θ	$\omega_1,$ 1/с	$\omega_4,$ 1/с	$v,$ м/с	$\omega,$ 1/с	$a,$ м/с ²	$\varepsilon,$ 1/с ²
0	0	60	30	0	120	6	-	B, E	DE	A	AB
1	90	120	150	0	30	-	2	A, E	AB	B	AB
2	30	60	30	0	120	5	-	B, E	AB	A	AB
3	60	150	150	90	30	-	4	A, E	DE	B	AB
4	30	30	60	0	150	4	-	D, E	AB	A	AB
5	90	120	120	90	60	-	5	A, E	AB	B	AB

6	90	150	120	90	30	3	-	B, E	DE	A	AB
7	0	60	60	0	120	-	6	A, E	DE	B	AB
8	60	150	120	90	30	2	-	D, E	AB	A	AB
9	30	120	150	0	60	-	8	A, E	DE	B	AB

Таблица К36

2-я цифра варианта	Значения углов					Дано				Найти			
	α	β	γ	φ	θ	$\omega_1,$ 1/с	$\varepsilon_1,$ 1/с ²	$v_B,$ м/с	$a_B,$ м/с ²	$v,$ м/с	$\omega,$ 1/с	$a,$ м/с ²	$\varepsilon,$ 1/с ²
0	120	30	30	90	150	2	4	-	-	B, E	DE	B	AB
1	0	60	90	0	120	-	-	4	6	A, E	AB	A	AB
2	60	150	30	90	30	3	5	-	-	B, E	AB	B	AB
3	0	150	30	0	60	-	-	6	8	A, E	DE	A	AB
4	30	120	120	0	60	4	6	-	-	B, E	AB	B	AB
5	90	120	90	90	60	-	-	8	10	D, E	AB	A	AB
6	0	150	90	0	120	5	8	-	-	B, E	DE	B	AB
7	30	120	30	0	60	-	-	2	5	A, E	DE	A	AB
8	90	120	120	90	150	6	10	-	-	B, E	AB	B	AB
9	60	60	60	90	30	-	-	5	4	D, E	DE	A	AB

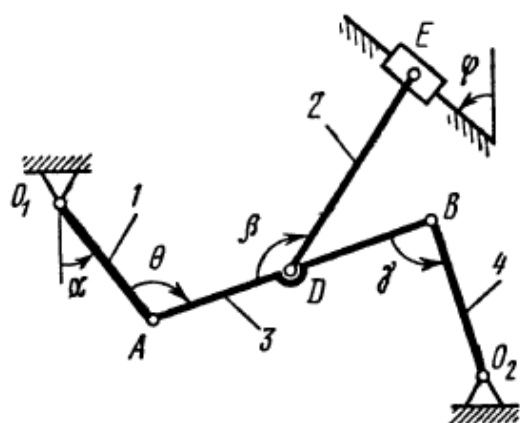


Рис. К3.0

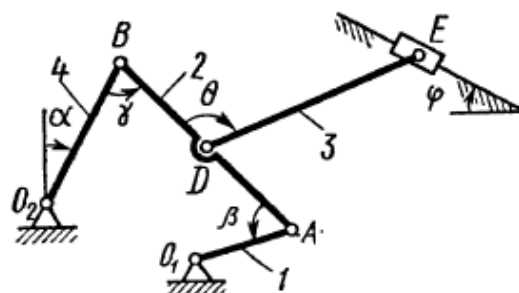


Рис. К3.1

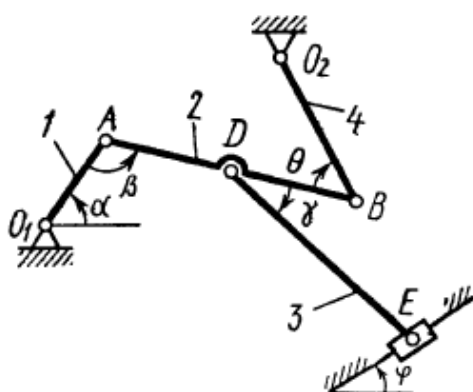


Рис. К3.2

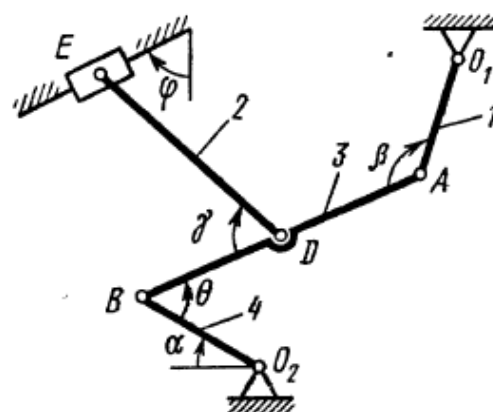


Рис. К3.3

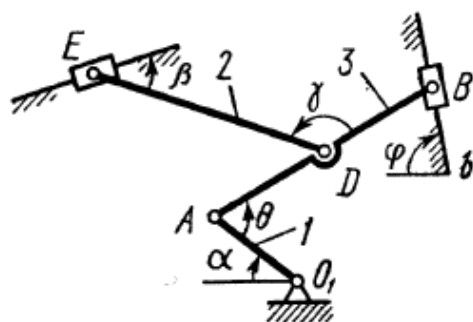


Рис. К3.4

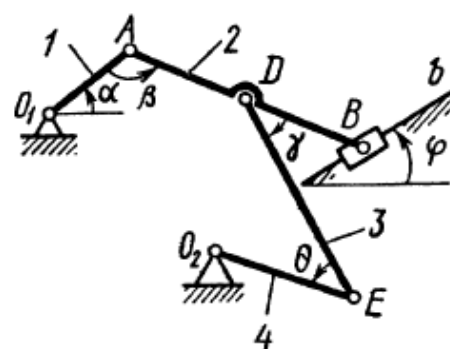
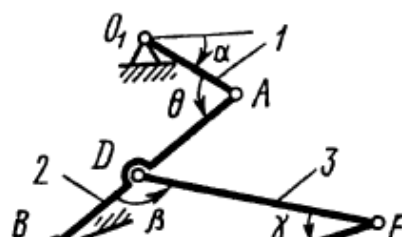
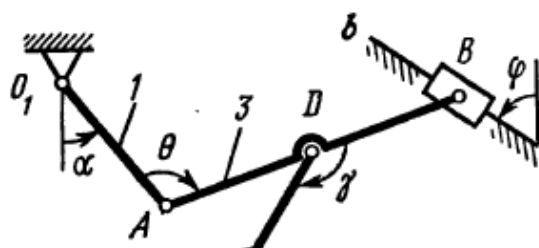


Рис. К3.5



Пример решения задачи КЗ

Рычажный механизм образован стержнями: O_1A (кривошип), AB (шатун), DE (шатун), O_2B (коромысло) и ползуном E . Точка D расположена посередине длины AB .

Дано:

$$\omega_1 = 6 \text{ рад/с}$$

$$O_1A = 0,4 \text{ м}$$

$$AB = 1,2 \text{ м}$$

$$DE = 1,4 \text{ м}$$

$$O_2B = 0,6 \text{ м}$$

$$\angle O_1AB = 60^\circ$$

$$\angle BDE = 30^\circ$$

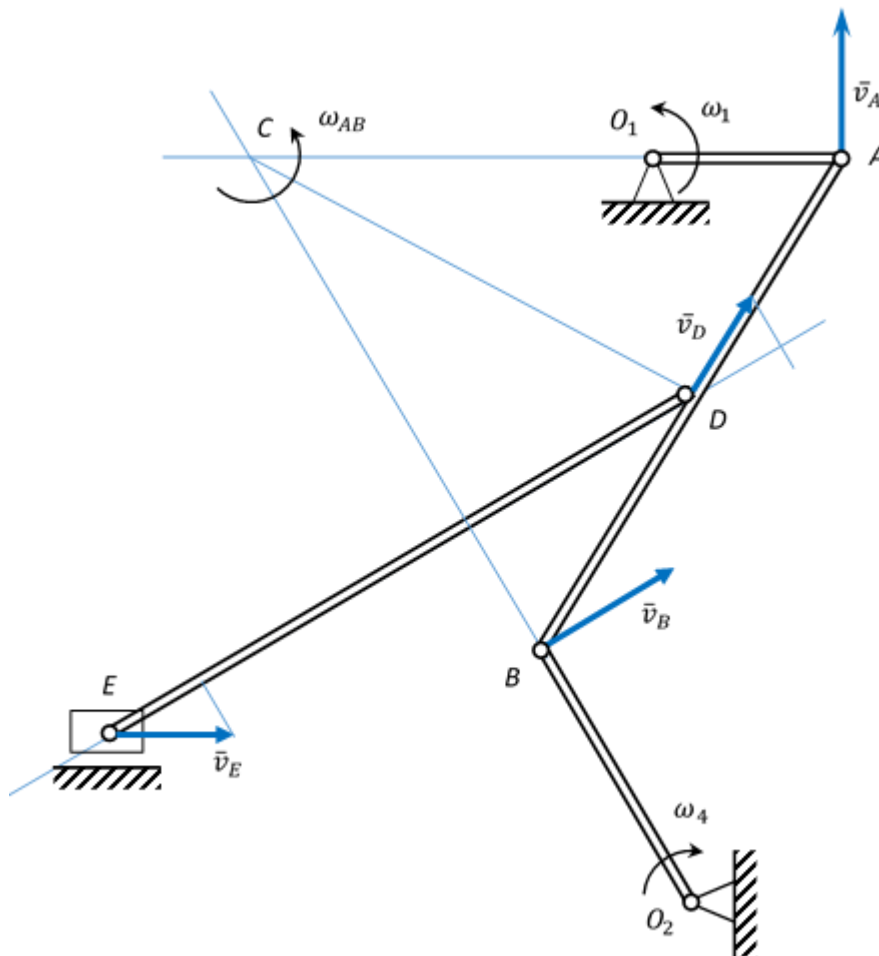
$$\angle ABO_2 = 120^\circ$$

Определить: $\vec{v}_B$; $\vec{v}_E$; ω_4 ; α_B ; ε_{AB}

Решение:

1. Сначала определим все интересующие нас скорости. Начинаем от звена O_1A , угловая скорость которого нам задана.

$$v_A = \omega_1 \cdot OA = 6 \cdot 0,4 = 2,4 \text{ м/с}$$



Вектор скорости $\vec{v}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу O_1A .

Для определения скорости $\vec{v}_B$ определим положение МЦС звена AB .

Учтем, что вектор скорости $\vec{v}_B$ расположен перпендикулярно звену O_2B , т.к. точка B движется по окружности радиуса O_2B .

Проведем линии, перпендикулярные к векторам скоростей в точках A и B . На пересечении этих линий отмечаем положение МЦС звена AB – точка C .

Теперь можно определить численное значение скорости точки B .

Звено AB в данный момент времени стремится повернуться вокруг точки C с угловой скоростью ω_{AB} , которую можно выразить через скорости разных точек этого звена.

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{CA} = \frac{v_B}{CB}$$

Т.к. треугольник ABC равносторонний, значит $CB = CA = AB = 1,2$ м.

Отсюда:

$$v_B = \frac{v_A CB}{CA} = v_A = 2,4 \text{ м/с}$$

Используя тот же МЦС определим скорость точки D .

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{CA} = \frac{v_D}{CD} = \frac{2,4}{1,2} = 2 \text{ рад/с}$$

Для определения CD рассмотрим треугольник ACD , он прямоугольный с углами 30° и 60° .

$$CD = AD \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 0,6 \cdot 1,73 = 1,04 \text{ м}$$

$$v_D = \frac{v_A CD}{CA} = \frac{2,4 \cdot 1,04}{1,2} = 2,08 \text{ м/с}$$

Зная скорость в точке D , определим скорость в точке E . Воспользуемся следствием методом разложения. Спроецируем вектора скоростей в точках D и E на прямую, их соединяющую.

$$\begin{aligned} \text{проекция } \vec{v}_D &= \text{проекция } \vec{v}_E \\ v_D \cos 30^\circ &= v_E \cos 30^\circ \end{aligned}$$

Следовательно:

$$v_E = 2,08 \text{ м}$$

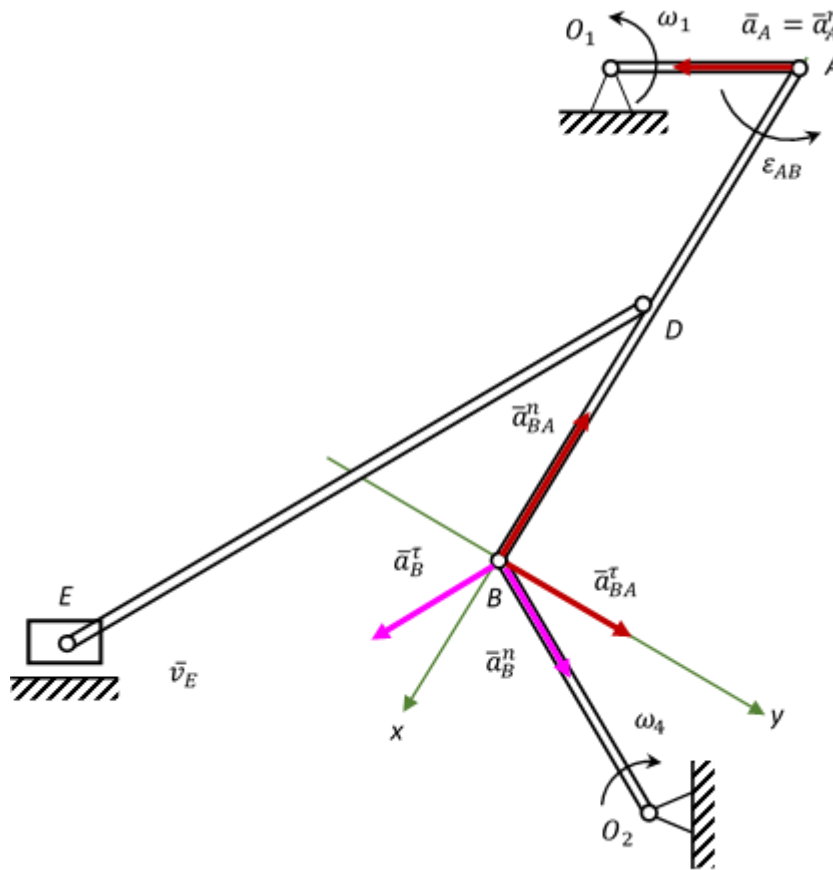
Угловая скорость ω_4 определяется с учетом скорости точки B .

$$\omega_4 = \frac{v_B}{O_2B} = \frac{2,4}{0,6} = 4 \text{ рад/с}$$

2. Теперь решаем вопрос с интересующими нас ускорениями.

Угловая скорость ω_1 кривошипа O_1A постоянная, следовательно, касательное ускорение точки A равно нулю. Значит полное ускорение точки A , кривошипа O_1A равно нормальному ускорению.

$$a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot OA = 6^2 \cdot 0,4 = 14,4 \text{ м/с}^2$$



Для определения ускорения точки B составим векторное равенство, где выразим ускорение точки B через ускорение точки A . Примем во внимание, что шатун AB совершает плоскопараллельное движение.

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}$$

Вектор абсолютного ускорения в точке B равен сумме векторов абсолютного ускорения в точке A и ускорения в относительном вращательном движении точки B вокруг точки A .

Ускорение точки B может быть определено также с учетом принадлежности этой точки звену O_2B , для которого известна угловая скорость ω_4 .

$$\vec{a}_B = \vec{a}_B^n + \vec{a}_B^\tau$$

Вектор касательного ускорения по направлению не известен, предварительно выбираем его направление произвольно.

Ускорение точки B в ее относительном вращательном движении вокруг точки A разложим на две составляющие:

$$\bar{a}_{BA} = \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau$$

В результате получаем:

$$\bar{a}_B^n + \bar{a}_B^\tau = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau \quad (*)$$

Показываем направления всех векторов на рисунке.

Значения нормальных составляющих ускорений могут быть определены сразу с учетом известных значений угловых скоростей.

$$a_B^n = \omega_4^2 \cdot O_2B = 4^2 \cdot 0,6 = 9,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_{BA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot AB = 2^2 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м/с}^2$$

Для определения касательных составляющих ускорений спроецируем векторное равенство (*) на две взаимно перпендикулярные осевые линии. Одну ось расположим вдоль AB , вторую перпендикулярно ей.

В проекции на ось x :

$$a_B^n \sin 30^\circ + a_B^\tau \cos 30^\circ = a_A \cos 60^\circ - a_{BA}^n$$

В результате решения получим:

$$a_B^\tau = \frac{a_A \cos 60^\circ - a_{BA}^n - a_B^n \sin 30^\circ}{\cos 30^\circ} =$$

$$= \frac{14,4 \cdot 0,5 - 4,8 - 9,6 \cdot 0,5}{0,87} = -2,76 \text{ м/с}^2$$

Отрицательный знак ускорения, комментирует, что вектор касательного ускорения $\bar{a}_B^\tau$ в действительности направлен противоположно тому, которое указано на рисунке.

В проекции на ось y :

$$a_B^n \cos 30^\circ - a_B^\tau \sin 30^\circ = -a_A \sin 60^\circ + a_{BA}^\tau$$

В результате решения получим:

$$a_{BA}^\tau = a_B^n \cos 30^\circ - a_B^\tau \sin 30^\circ + a_A \sin 60^\circ =$$

$$= 9,6 \cdot 0,87 - (-2,76) \cdot 0,5 + 2,4 \cdot 0,86 = 11,80 \text{ м/с}^2$$

Определяем угловое ускорение звена AB .

$$\varepsilon_{AB} = \frac{a_{BA}^\tau}{AB} = \frac{11,8}{1,2} = 9,8 \text{ рад/с}^2$$

Отмечаем на рисунке направление углового ускорения ε_{AB} с учетом его положительного знака.

Задача решена.

Список литературы

1. Бать М.И и др. Теоретическая механика в примерах и задачах. Учеб. пособ. для вузов. В 2-х т./М.И.Бать, Г.Ю.Джанелидзе, А.С. Кельзон. 9-е изд., перераб. - М.: Наука, 2007. -670 с.
2. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: Учеб.пособие для студ-ов вузов по техн. спец.:В 2-х т./ Н.В.Бутенин, Я.Л.Лунц, Д.Р.Меркин. СПб.: Лань.-5-е изд., испр. 2008.-729 с.
3. Добронравов В.В., Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 1983.
4. Сборник коротких задач по теоретической механике: Учебное пособие / Под ред. О.Э. Кепе. – СПб.: Изд. «Лань», 2008.
5. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике: Учеб. пособие для студ. вузов, обуч.по техн. спец./И.В.Мещерский; Под ред. В.А.Пальмова, Д.Д.Меркина. - 45-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2009. - 447 с. 2.
6. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов/С.М.Тарг. -15-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2008. - 415 с.
7. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. пособие для студ.втузов/[А.А. Яблонский, С. С.Норейко,С.А.Вольфсон и др.];Под общ. ред. А. А. Яблонского.- 11-е изд.,стер.-М.:Интеграл- Пресс,2008.-382 с.
8. Теоретическая механика. Терминология. Буквенные обозначения величин: Сборник рекомендуемых терминов. Вып. 102. М.: Наука, 2007. – 48с.
9. Эрдеди, А.А. Теоретическая механика (для бакалавров) / А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди. - М.: КноРус, 2018. - 416 с.
- 10.Яблонский А.А., В.М.Никифорова Курс теоретической механики. Учеб.пособие для вузов: 13-е изд., исправ. - М.: Интеграл-Пресс, 2009.- 603с.

7.3 Примерный список вопросов, включенных в экзаменационные билеты

Вопросы к зачету по дисциплине

«Механика»

форма обучения: очно-заочная

Тема: «Статика»

1. Основные понятия: сила, система сил, равновесие.
2. Аксиомы статики.
3. Связи и их реакции. Принцип освобождаемости. Направления реактивных сил: общее правило, частные случаи закрепления точек тела.
4. Плоская система сходящихся сил. Равнодействующая плоской системы сходящихся сил.
5. Условие равновесия плоской системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме.
6. Пространственная система сходящихся сил. Равнодействующая пространственной системы сходящихся сил.
7. Условие равновесия пространственной системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме.
8. Плоская система произвольно расположенных сил (ПлСПРС). Теорема о приведении ПлСПРС к одному центру. Условие равновесия ПлСПРС.
9. Момент силы относительно точки.
10. Пара сил. Момент пары. Основные свойства пары.
11. Теорема о сложении пар сил.
12. Пространственная система произвольно расположенных сил (ПрСПРС). Теорема о приведении ПрСПРС к одному центру. Условие равновесия ПрСПРС.
13. Момент силы относительно оси.
14. Определение центра тяжести: плоской фигуры, линии, объемного тела. (формулы, примеры)
15. Трение скольжения. Сила трения. Коэффициент трения.

Тема: «Кинематика»

1. Способы задания движения точки.
2. Определение скорости и ускорения при естественном способе задания движения (направления и численные значения).
3. Определение скорости и ускорения при координатном способе задания движения.
4. Определение скорости и ускорения при векторном способе задания движения.

5. Поступательное движение твердого тела. Закон движения. Скорости и ускорения различных точек тела, движущегося поступательно.
6. Вращательное движение твердого тела. Закон движения. Скорости и ускорения различных точек тела, совершающего вращательное движение.
7. Плоскопараллельное движение твердого тела. Определение, методы исследования плоскопараллельного движения.
8. Исследование плоскопараллельного движения твердого тела с помощью метода мгновенных центров скоростей.
9. Исследование плоскопараллельного движения твердого тела с помощью метода разложения движения на поступательное и вращательное.
10. Сложное движение твердого тела. Понятие абсолютного, относительного и переносного движения.
11. Определение скоростей и ускорений точек тела при сложном его движении.

Тема: «Динамика»

1. Дифференциальные уравнения движения точки в различных системах отсчета.
2. Первая и вторая задачи динамики.
3. Количество движения точки. Импульс силы. Теорема об изменении количества
4. движения точки.
5. Работа силы. (работа постоянной силы, работа силы тяжести, силы упругости,
6. пары сил)

7. Кинетическая энергия твердого тела при поступательном, вращательном,
8. плоскопараллельном движении.
9. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.
10. Момент инерции твердого тела. Кинетический момент вращающегося твердого
11. тела.
12. Теорема об изменении кинетического момента механической системы.
13. Уравнение вращательного движения тела.
14. Динамика системы. Уравнение движения.
15. Теорема о движении центра масс системы.
16. Теорема об изменении количества движения системы.
17. Тело переменной массы. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского. Число Циолковского.
18. Теорема об изменении момента количества движения системы.
19. Движение жидкости. Формула Эйлера. Давление струи на стенку.
20. Механическая (материальная) система. Силы внутренние и внешние. Масса системы. Центр масс. Моменты инерции.
21. Вычисление кинетической энергии тела. (Тарг С.М., Николаи Е.Л., Яблонский А.А.)
22. Принцип Даламбера. Силы инерции. Классификация связей. Возможные перемещения, число степеней свободы, обобщенные координаты.
23. Принцип возможных перемещений. Определение реакций опор с помощью принципа возможных перемещений.
24. Общее уравнение динамики. Обобщенные силы.
25. Вывод уравнения Лагранжа 2-го рода.

8 Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1 Перечень учебной литературы

Наименование печатных и (или) электронных учебных изданий, методические издания, периодические издания по всем входящим в реализуемую образовательную программу учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям) <i>в соответствии с рабочими программами дисциплин, модулей, практик</i>		Количество экземпляров	Обеспеченность студентов учебной литературой (экземпляров на одного студента)
Электронные учебные издания, имеющиеся в электронном каталоге электронно-библиотечной системы	Прошкин, Станислав Станиславович. Механика. Сборник задач : учебное пособие для вузов / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Ниженский. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2026. - 293 с.	1	1
	Бабецкий, Владимир Иннокентьевич. Механика : учебное пособие для вузов / В. И. Бабецкий, О. Н. Третьякова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2026. - 171 с.	1	1
	Бугаенко, Григорий Алексеевич. Механика : учебник для вузов / Г. А. Бугаенко, В. В. Маланин, В. И. Яковлев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2026. - 368 с.	1	1
	Покровский, В. В. Механика. Методы решения задач : учебное пособие / В. В. Покровский. - 5-е эл. изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2025. - 256 с.	1	1
	Чембарисова, Р. Г. Механика. Курс лекций : учебное пособие для вузов / Р. Г. Чембарисова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2026. - 240 с.	1	1

8.2 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные и электронно-библиотечные системы

№	Ссылка на информационный ресурс	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность
Электронно-библиотечные системы			
1	https://dlib.eastview.com	База данных «Ивис»	Авторизованный доступ
2	https://urait.ru	Образовательная платформа Юрайт	Авторизованный доступ
3	http://www.iprbookshop.ru	ЭБС IPR SMART	Авторизованный доступ
4	http://znanium.com	ЭБС «Znaniy»	Авторизованный доступ
5	https://e.lanbook.com	ЭБС «Лань»	Авторизованный доступ
6	https://lib.rucont.ru	ЭБС «Руко́нт»	Авторизованный доступ
	https://ldiss.rsl.ru	Электронная библиотека	Авторизованный доступ

7		диссертаций РГБ	
Информационные справочные системы			
8	http://garant.ugrasu.ru/	СПС Гарант	Авторизованный доступ
9	http://www.consultant.ru/	СПС КонсультантПлюс	Авторизованный доступ
Профессиональные базы данных			
10	https://ugrasu.dc-ipk.ru/docs/	Информационно-справочная система Техэксперт	Авторизованный
11	http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Авторизованный доступ

8.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, в том числе отечественного производства

MapInfo 2019;
MathType;
Антивирус DrWeb;
КОМПАС-3D V18-19;
КОМПАС-3D V18-19;

8.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.4.1 Учебная аудитория лекционного типа
компьютер/ноутбук, проектор, экран, учебная мебель, учебная доска

8.4.2 Учебная аудитория для проведения практических занятий
учебная мебель, учебная доска

8.4.3 Учебная аудитория для самостоятельной работы
учебная мебель, компьютеры с выходом в интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде

8.4.4 Компьютерный класс
учебная мебель, учебная доска, компьютеры с доступом в Интернет

