

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
БОРИСОГЛЕБСКИЙ ФИЛИАЛ
(БФ ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
естественнонаучных и
общеобразовательных дисциплин



С.Е. Зюзин
01.09.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.09 Теоретическая механика

1. Код и наименование направления подготовки:

15.03.01 Машиностроение

2. Профиль подготовки:

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная, заочная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра
естественнонаучных и общеобразовательных дисциплин

6. Составитель программы:

Зульф리카рова Т.В., кандидат технических наук, доцент

7. Рекомендована: Научно-методическим советом Филиала от 22.06.2021,
протокол № 8

8. Учебный год: ОФО – 2021-2022, 2022-2023

Семестры: 2, 3

ЗФО – 2021-2022, 2022-2023

Семестры: 1-3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины «Теоретическая механика» является формирование системы фундаментальных знаний в области моделирования механических систем с различным числом степеней свободы и расчета их на статические и динамические воздействия.

Задачи освоения курса: изучение механического движения как составной части современной естественнонаучной картины мира и формирование базовых знаний в области механики, позволяющих ориентироваться в потоке научной и технической информации.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств.

10. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы:

Учебная дисциплина «Теоретическая механика» входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части ООП.

Данная дисциплина опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: «Физика», «Математика», и является предшествующей дисциплинам: «Техническая механика», «Инженерная графика», «Основы технологии машиностроения», «Основы проектирования», «Технология изготовления деталей», «Технологическое оборудование», «Технологическая оснастка», «САПР технологического оснащения».

Условия реализации дисциплины для лиц с ОВЗ определяются особенностями восприятия учебной информации и с учетом индивидуальных психофизических особенностей.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОК-7	способность к самообразованию и саморазвитию	уметь: - планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы осуществления деятельности; владеть (иметь навык(и)): - технологиями организации самообразовательной деятельности;
ОПК-1	умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знать: - основные законы теоретической механики, методы математического анализа и моделирования; уметь: - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; - применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; владеть (иметь навык(и)): - профессиональной терминологией, используемой при решении задач.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен

13 Виды учебной работы

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		2 сем.	3 сем.
Контактная работа, в том числе:	108	36	72
лекции	54	18	36
практические занятия	54	18	36
лабораторные работы			
Самостоятельная работа	108	36	72
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час., экзамен – 36 час.)	36	Зачет	36
Итого:	252	72	180

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		1 сем.	2 сем.	3 сем.
Контактная работа, в том числе:	38	12	12	14
лекции	18	6	6	6
практические занятия	20	6	6	8
лабораторные работы				
Самостоятельная работа	201	20	24	157
Форма промежуточной аттестации (зачет – 4 час., экзамен – 9 час.)	13		4	9
Итого:	252	32	40	180

13.1 Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Статика	Основные понятия и аксиомы статики Плоская система сходящихся сил Пара сил и момент силы относительно точки Плоская система произвольно расположенных сил Пространственная система сил
1.2	Кинематика	Основные понятия кинематики. Кинематика точки Простейшие движения твердого тела Плоское и пространственное движения твердого тела Сложное движение точки
1.3	Динамика	Динамика материальной точки. Динамика механической системы. Теоремы динамики системы Основы аналитической механики. Принцип Даламбера. Принцип Даламбера-Лагранжа. Уравнения равновесия и движения системы в обобщенных координатах. Канонические уравнения движения системы.
2. Практические занятия		
2.1	Статика	Основные понятия и аксиомы статики Плоская система сходящихся сил Пара сил и момент силы относительно точки Плоская система произвольно расположенных сил

		Пространственная система сил
2.2	Кинематика	Основные понятия кинематики. Кинематика точки Простейшие движения твердого тела Плоское и пространственное движения твердого тела Сложное движение точки
2.3	Динамика	Динамика материальной точки. Динамика механической системы. Теоремы динамики системы Основы аналитической механики. Принцип Даламбера. Принцип Даламбера-Лагранжа. Уравнения равновесия и движения системы в обобщенных координатах. Канонические уравнения движения системы.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
2 семестр						
1	Статика	10	10		16	36
2	Кинематика	8	8		20	36
	Итого во 2 семестре	18	18		36	72
3 семестр						
3	Динамика	36	36		72	144
	Экзамен					36
	Итого в 3 семестре	36	36		72	180
	Итого:	54	54		108	252

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
1 семестр						
1	Статика	6	6		20	32
	Итого в 1 семестре	6	6		20	32
2 семестр						
2	Кинематика	6	6		24	36
	Зачет					4
	Итого во 2 семестре	6	6		24	40
3 семестр						
3	Динамика	6	8		157	171
	Экзамен					9
	Итого в 3 семестре	6	8		157	180
	Итого:	18	20		201	252

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Ведение конспекта лекций должно сопровождаться графическими построениями, раскрывающими основные положения и методы курса. Формат тетради А4. Заголовки тем и разделов должны быть выделены, чертежи и схемы выполнены карандашом. Новые термины и определения следует давать с пояснениями, общепринятыми сокращениями или аббревиатурой, которые

позволяют сократить запись. Пропущенные лекции должны быть переписаны. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практическом занятии.

При подготовке к практическим занятиям обучающиеся должны прочитать записи лекций, изучить рекомендованную литературу. Во время практических занятий разбираются примеры решения разных типов заданий, поэтому присутствие на практических занятиях обязательно для всех студентов.

В процессе освоения дисциплины студенты выполняют контрольную работу. Решение каждой задачи обязательно начинать на развороте тетради, на четной странице (для удобства проверки). Расчетная схема выполняется в масштабе, должна быть аккуратной и наглядной, а ее размеры должны позволить показать все необходимые векторы. Решение каждой задачи необходимо сопровождать краткими пояснениями о том какие аксиомы, теоремы или законы используются для решения; какие математические преобразования приводят к результату и т.п.

При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, отработанные методы решения задач и приобретенные навыки анализа и проверки выполненных решений.

Для достижения планируемых результатов обучения используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, анализ ситуаций и имитационных моделей.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Мултановский В.В. Классическая механика: курс теоретической физики.— 2-е изд., перераб. — М.: Дрофа, 2008
2	Лоскутов, Ю.В. Лекции по теоретической механике : учебное пособие / Ю.В. Лоскутов ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. - 180 с. : граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1563-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439200 (13.06.2021).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Урсулов, А.В. Теоретическая механика. Решение задач : учебное пособие / А.В. Урсулов, И.Г. Бострем, А.А. Казаков. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. - 80 с. - ISBN 978-5-7996-0694-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239718 (13.06.2021).
4	Теоретическая механика : учебное пособие / О.Н. Оруджова, А.А. Шинкарук, О.В. Гермидер, О.М. Заборская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. - Архангельск : САФУ, 2014. - 96 с. : ил. - ISBN 978-5-261-00982-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436489 (13.06.2021).

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
5	Теоретическая механика : курс лекций / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет» ; авт.-сост. Л.М. Кульгина, А.Р. Закинян и др. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 118 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. -

	URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457756 (13.06.2021).
6	Ахметшин, М.Г. Теоретическая механика : учебное пособие / М.Г. Ахметшин, Х.С. Гумерова, Н.П. Петухов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 139 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1328-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258702 (13.06.2021).

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Зульф리카рова Т.В. Теоретическая механика: учебное пособие предназначено для поддержки самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения, направление подготовки «Машиностроение», профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». – Борисоглебск: БФ ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», 2015. – 67с.(100 экз.)

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных

Программное обеспечение:

Win10, OfficeProPlus 2010;

–STDU Viewer version 1.6.2.0;

–7-Zip;

–GIMP GNU Image Manipulation Program;

–Paint.NET;

–браузеры: Яндекс, Google, Opera, Mozilla Firefox, Explorer.

При реализации дисциплины применяется смешанное обучение с использованием онлайн-консультаций (Skype); электронной почты, сайта кафедры ЕНиОД (раздел Учебные материалы <http://pmii.ru/cumk/uchebnyie-materialyi>).

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

–Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <http://elibrary.ru/>

–Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>

–Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru>

–Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» – <http://biblioclub.ru/>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук или стационарный компьютер, экран)

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений,	Этапы формирования компетенции (разделы (темы)	Оценочные материалы для проведения текущего контроля

	навыков)	дисциплины или модуля и их наименование)	успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся
ОК-7: способность к самообразованию и саморазвитию	уметь: - планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы осуществления деятельности;	Статика Кинематика Динамика	Индивидуальные задания
	владеть (иметь навык(и)): - технологиями организации самообразовательной деятельности;	Статика Кинематика Динамика	Индивидуальные задания
ОПК-1: умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знать: - основные законы теоретической механики, методы математического анализа и моделирования;	Статика Кинематика Динамика	Индивидуальные задания
	уметь: - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; - применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	Статика Кинематика Динамика	Индивидуальные задания
	владеть (иметь навык(и)): - профессиональной терминологией, используемой при решении задач.	Статика Кинематика Динамика	Индивидуальные задания
Промежуточная аттестация: зачет, экзамен			КИМ (вопросы к экзамену, вопросы к зачету)

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
---------------------------------	--------------------------------------	--------------

Студент отлично ориентируется в теоретическом материале, владеет методами доказательства, умеет применять теоретические сведения для решения стандартных задач.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>	<i>Зачтено</i>
Студент хорошо ориентируется в теоретическом материале, может доказать все основные теоремы (с небольшими погрешностями), умеет применять теоретические сведения для решения стандартных задач.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>	
Студент удовлетворительно ориентируется в теоретическом материале, хотя не может привести доказательств основных теорем, владеет навыками применения теоретических сведений для решения стандартных задач.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>	
Студент неудовлетворительно ориентируется в теоретическом материале, не может привести доказательств основных теорем, испытывает затруднения при решении стандартных задач.	–	<i>Неудовлетворительно</i>	<i>Незачтено</i>

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Сформулируйте аксиомы статики.
2. Дайте определения равнодействующей и уравнивающей произвольной системы сил.
3. Какая система сил называется сходящейся?
4. Как определить равнодействующую системы сходящихся сил?
5. Запишите и сформулируйте условия равновесия системы сходящихся сил в векторной форме, а также в проекциях на оси декартовой системы координат.
6. Сформулируйте теорему о трех уравновешенных силах.
7. Дайте определение алгебраической величины момента силы относительно некоторого центра.
8. Запишите векторное выражение момента силы относительно некоторого центра.
9. Дайте определение момента силы относительно оси и укажите способы его нахождения.
10. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
11. Какова связь между моментом силы относительно оси и моментом силы относительно любой точки, лежащей на этой оси.
12. Дайте определение пары сил.
13. Дайте определения момента пары сил. Как направлен вектор-момент пары.
14. Сформулируйте теоремы об эквивалентности и сложении пар.
15. Сформулируйте лемму о параллельном переносе силы.
16. Дайте определение главного вектора и главного момента произвольной пространственной системы сил.
17. Чем отличается главный вектор от равнодействующей произвольной системы сил.
18. Напишите аналитические выражения для главного вектора и главного момента.

19. Объяснить, как взаимно расположены главный вектор и главный момент произвольной плоской системы сил.
20. Сформулируйте основную теорему статики (о приведении произвольной пространственной системы сил к заданному центру).
21. Напишите и сформулируйте условия равновесия произвольной пространственной системы сил в векторной и аналитической формах.
22. Напишите и сформулируйте условия равновесия пространственной системы параллельных сил.
23. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия произвольной плоской системы сил?
24. Какие способы задания движения точки применяются в кинематике и в чем они состоят?
25. Какая зависимость существует между радиус-вектором движущейся точки и вектором скорости этой точки?
26. Как направлен вектор скорости криволинейного движения точки по отношению к её траектории?
27. Как определяется скорость точки при координатном способе задания движения?
28. Какая зависимость существует между радиус-вектором движущейся точки и вектором ускорения точки?
29. Как направлен вектор ускорения криволинейного движения точки по отношению к её траектории, в какой плоскости он лежит?
30. Как определяется ускорение точки при координатном способе задания движения?
31. Какие оси называются естественными осями координат?
32. Дайте определение нормальной и соприкасающейся плоскости. Изобразите их на чертеже.
33. Чему равны проекции вектора скорости точки на естественные оси?
34. Чему равны проекции вектора ускорения точки на естественные оси?
35. Напишите формулу для определения касательного ускорения точки, укажите в каких случаях оно равно нулю? Что характеризует касательное ускорение точки.
36. Напишите формулу для определения нормального ускорения точки, укажите в каких случаях оно равно нулю? Что характеризует нормальное ускорение точки.
37. Можно ли утверждать в общем случае, что в те моменты, когда скорость точки равна нулю, её ускорение также обязательно равно нулю?
38. Какое движение твердого тела называется поступательным?
39. Перечислите свойства поступательного движения твердого тела.
40. Какое движение твердого тела называется движением вокруг неподвижной оси?
41. Что называется угловой скоростью и угловым ускорением тела? Напишите формулы для их вычисления.
42. Какое вращение твердого тела называется равномерным, какое равномерно-переменным?
43. Запишите законы равномерного и равнопеременного вращательного движения твердого тела.
44. Какая зависимость существует между угловой скоростью вращающегося тела и числом его оборотов в минуту?
45. Как изображается угловая скорость тела в виде вектора, как этот вектор направлен?
46. Как выражается зависимость между угловой скоростью вращающегося тела и линейной скоростью какой-нибудь точки этого тела?
47. Как выражаются касательное и нормальное ускорения точки твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
48. Напишите векторные формулы для скоростей и ускорений точек тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
49. Какое движение твердого тела называется плоским, или плоскопараллельным?
50. Сформулируйте теоремы о перемещениях плоской фигуры.
51. Как определить скорость точки плоской фигуры с помощью формулы распределения скоростей?

52. Что называется мгновенным центром скоростей? Каковы способы его нахождения?
53. Как определить скорость точки плоской фигуры с помощью мгновенного центра скоростей?
54. Как определить скорость точки плоской фигуры с помощью теоремы о проекциях скоростей концов отрезка на направление этого отрезка?
55. Каковы будут скорости точек плоской фигуры в том случае, когда мгновенный центр скоростей этой фигуры окажется в бесконечности?
56. Как определить ускорение точки плоской фигуры с помощью формулы распределения ускорений?
57. Что называется мгновенным центром ускорений плоской фигуры, движущейся в своей плоскости?
58. Как можно найти положение мгновенного центра ускорений плоской фигуры, движущейся в своей плоскости?
59. В чем состоит теорема о перемещении твердого тела, имеющего одну неподвижную точку?
60. Что называется мгновенной осью вращения твердого тела, имеющего одну неподвижную точку?
61. Как направлен вектор углового ускорения тела, имеющего одну неподвижную точку?
62. Какое движение точки называется относительным? Какое — переносным?
63. Какое движение точки называется абсолютным, или составным?
64. Какая скорость точки называется относительной? Какая — переносной?
65. В чем состоит теорема о сложении скоростей?
66. Какое ускорение точки называется относительным? Какое — переносным?

19.3.2 Перечень вопросов к экзамену:

1. Теоретическая механика как теория механического движения макроскопических тел. Модели классической механики. Материальная точка, абсолютное твердое тело.
2. Сила, система сил, эквивалентные системы сил. Равнодействующая и уравнивающая силы. Связи и реакции связей. Аксиомы статики.
3. Проекция силы на ось и на плоскость. Аналитическое определение равнодействующей. Условие равновесия в аналитической и геометрической формах.
4. Система сходящихся сил. Способы сложения сил. Разложение силы на две составляющие. Условие равновесия в аналитической и геометрической формах.
5. Момент силы относительно точки. Модуль и направление момента силы. Проекции момента силы на координатные оси.
6. Момент силы относительно оси. Система сходящихся сил, ее равновесие. Условие равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
7. Пара сил и ее характеристики. Момент пары. Эквивалентные пары. Сложение пар. Условие равновесия системы пар сил.
8. Приведение плоской системы сил к данной точке. Главный вектор и главный момент системы сил. Условия равновесия произвольной плоской системы сил.
9. Пространственная система сил. Теорема Вариньона. Приведение пространственной системы сил к единому центру. Уравнение равновесия пространственной системы сил и их различные формы.
10. Законы трения скольжения. Реакции шероховатых связей. Равновесие при наличии трения.
11. Центр параллельных сил. Центр тяжести. Координаты центров тяжести однородных тел.

12. Векторный способ изучения движения. Основные характеристики движения: траектория, путь, перемещение, скорость, ускорение. Средняя скорость и мгновенная скорость. Мгновенное ускорение.
13. Координатный способ изучения движения. Уравнения движения. Скорость и ускорение при координатном способе изучения движения.
14. Естественный способ изучения движения, естественные координаты. Проекция скорости и ускорения на естественные оси. Частные случаи движения точки.
15. Поступательное движение твердого тела. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси. Кинематические характеристики вращательного движения: угловое перемещение, скорость и ускорение.
16. Плоское движение твердого тела. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное. Определение скорости и ускорения любой точки тела. Теорема о проекциях скоростей. Мгновенные центры вращения.
17. Переносное, относительное и абсолютное движения точек. Теорема сложения скоростей. Теорема о сложении ускорений. Кориолисово и переносное ускорения.
18. Понятия о силе и массе. Силы в механике. Инерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Принцип относительности Галилея-Ньютона. Основная задача динамики. Роль начальных условий.
19. Понятие механической системы. Внутренние и внешние силы. Центр масс системы.
20. Дифференциальные уравнения движения системы. Теорема о движении центра масс системы. Закон сохранения движения центра масс.
21. Количество движения механической системы. Закон сохранения количества движения системы.
22. Главный момент количества движения системы. Теорема моментов для системы. Закон сохранения главного момента количества движения системы.
23. Кинетический момент механической системы. Закон сохранения кинетического момента для замкнутых механических систем и теорема об изменении кинетического момента незамкнутой механической системы.
24. Момент инерции тела относительно оси. Моменты инерции тел простых геометрических форм. Радиус инерции.
25. Центробежные моменты инерции. Момент инерции тела относительно произвольной оси. Теорема Гюйгенса.
26. Кинетическая энергия механической системы. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Закон сохранения механической энергии.
27. Работа силы. Потенциальная энергия частицы в силовом поле. Центральное - симметрическое поле. Потенциальная энергия взаимодействия частиц.
28. Потенциальная энергия взаимодействия частиц. Консервативные силы. Теоремы динамики и законы сохранения.
29. Классификация связей. Сведение задачи о движении механической системы к задаче о ее равновесии (принцип Даламбера).
30. Понятие о возможных перемещениях и виртуальной работе. Условие равновесия и уравнение движения голономной механической системы (принцип Даламбера-Лагранжа).
31. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Условия равновесия голономной механической системы.
32. Уравнение движения системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа первого и второго рода).

19.3.3 Перечень индивидуальных заданий

С1. Условия равновесия балки

Невесомая горизонтальная балка покоится на двух шарнирных опорах, одна из которых неподвижная, а другая подвижная. На горизонтальную балку действует сосредоточенная сила \vec{P} , пара сил с моментом \vec{m} и равномерно распределенная нагрузка интенсивности q (рис. С1.0–С1.9).

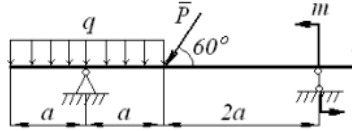


Рис. С1.0

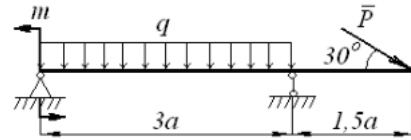


Рис. С1.1

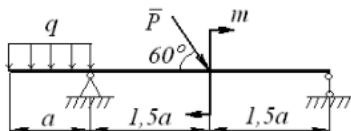


Рис. С1.2

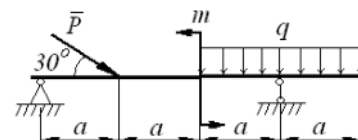


Рис. С1.3

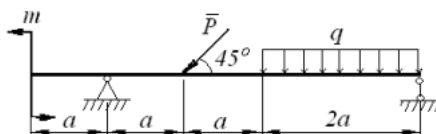


Рис. С1.4

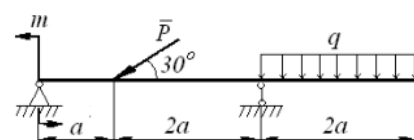


Рис. С1.5

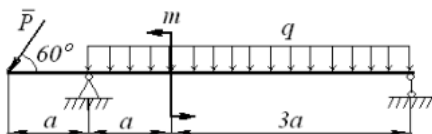


Рис. С1.6

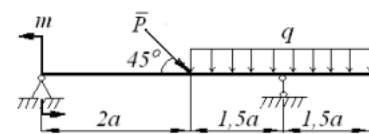


Рис. С1.7

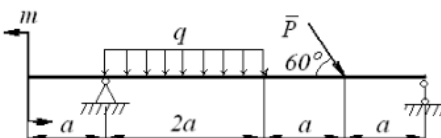


Рис. С1.8

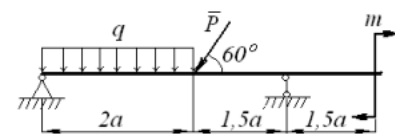


Рис. С1.9

Величины внешних воздействий на балку указаны в табл. С1.

Таблица С1

Номер условия	P , кН	M , кНм	q кН/м	a , м
0	8	6	2	1
1	10	10	4	0,9
2	6	8	4	1,2
3	12	6	2	1
4	4	4	3	0,8
5	8	12	5	1,2
6	4	8	2	1
7	6	14	6	0,8
8	8	10	3	1,2
9	4	2	4	1

Определить реакции в шарнирных опорах балки.

С2. Условия равновесия плоской рамы

Жесткая рама имеет в точке А шарнирно неподвижную опору, а в точке В снабжена шарнирно подвижной опорой, которая представляет собой либо невесомый стержень с шарнирными креплениями на концах, либо шарнирную опору на катках (рис. С2.0–С2.9).

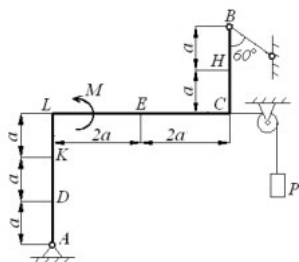


Рис. С2.0

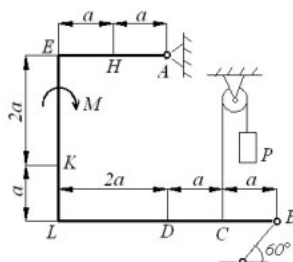


Рис. С2.1

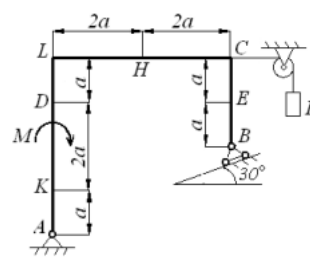


Рис. С2.2

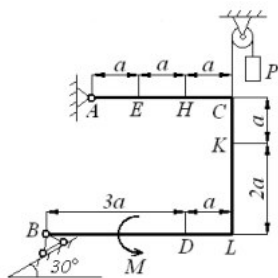


Рис. С2.3

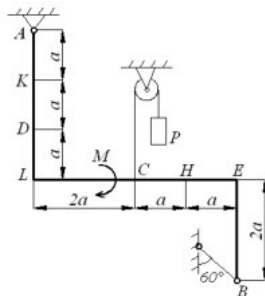


Рис. С2.4

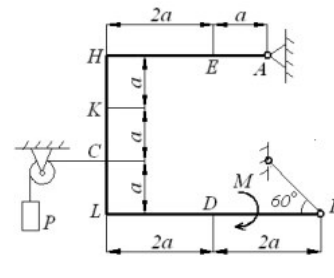


Рис. С2.5

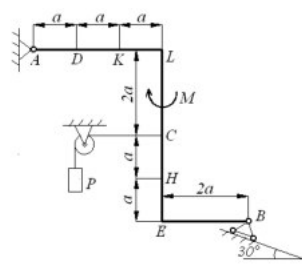


Рис. С2.6

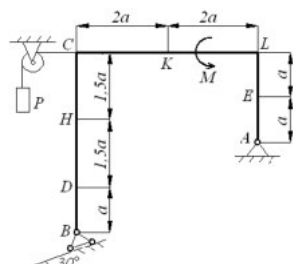


Рис. С2.7

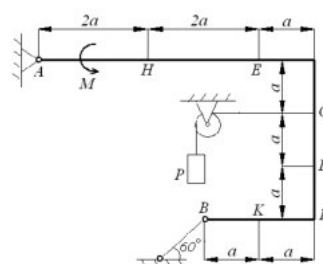


Рис. С2.8

К раме приложены сосредоточенные и распределенные силы. Так в точке С к раме привязан трос, перекинутый через неподвижный блок и несущий на другом конце груз весом $P = 25 \text{ кН}$.

На раму действует пара сил с моментом $M = 60 \text{ кНм}$ и две сосредоточенные силы. Величины направления и точки приложения сосредоточенных сил указаны в табл. С2.

Таблица С2.

Номер условия	Сосредоточенные силы, точки и направления их приложения								Распределенная нагрузка $q = 10 \text{ кН/м}$
	$F_1 = 10 \text{ кН}$		$F_2 = 20 \text{ кН}$		$F_3 = 30 \text{ кН}$		$F_4 = 40 \text{ кН}$		
	Точка	α_1	Точка	α_2	Точка	α_3	Точка	α_4	
0	Н	30	—	—	—	—	К	60	KL
1	—	—	D	45	E	60	—	—	LC
2	К	45	—	—	—	—	E	30	KL
3	—	—	К	60	Н	30	—	—	LC
4	D	30	—	—	—	—	E	60	KL
5	—	—	Н	30	—	—	D	45	LC
6	E	60	—	—	К	45	—	—	KL

7	–	–	Е	45	К	30	–	–	LC
8	Н	60	–	–	Д	30	–	–	KL
9	–	–	Д	60	–	–	Н	45	LC

На участок рамы, указанный в последнем столбце таблицы, действует равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 10 \text{ кН/м}$. Если этот участок расположен горизонтально, то распределенную нагрузку следует направить вниз, если участок вертикальный – влево.

Требуется определить реакции связей, наложенных на раму в точках A и B , принимая размер $a = 0,5 \text{ м}$.

С3. Условия равновесия пространственной системы

Однородная прямоугольная плита весом $P = 3 \text{ кН}$ со сторонами $AB = 3l$, $BC = 2l$ опирается в точке A на сферический шарнир, а в точке B - на цилиндрический шарнир (подшипник), и удерживается в равновесии невесомым стержнем CC' (С3.0–С3.9).

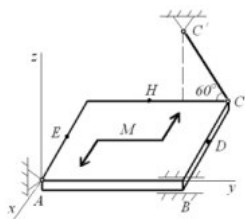


Рис. С3.0

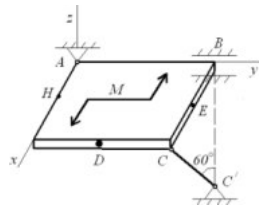


Рис. С3.1

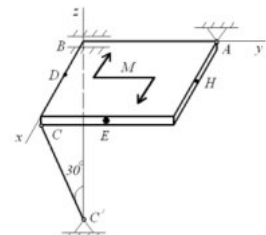


Рис. С3.2

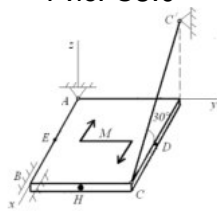


Рис. С3.3

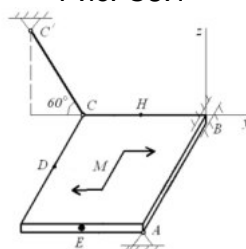


Рис. С3.4

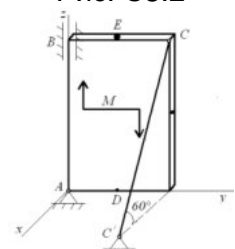


Рис. С3.5

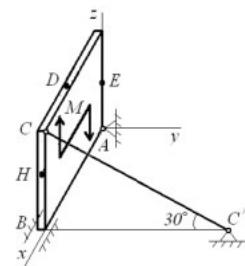


Рис. С3.6

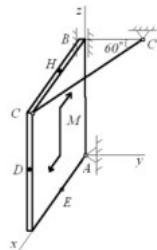


Рис. С3.7

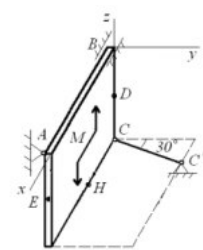


Рис. С3.8

На плиту действуют две сосредоточенные силы \vec{F} и пара сил с моментом $M = 5 \text{ кН·м}$, лежащая в плоскости плиты.

Величины сил, их направления и точки приложения указаны в табл. С3; при этом силы \vec{F}_1 и \vec{F}_4 параллельны плоскости координатных осей x и y , сила \vec{F}_2 параллельна плоскости, образованной координатными осями x и z , и сила \vec{F}_3 – плоскости, образованной y и z . Точки приложения сосредоточенных сил (D , E , H) находятся посередине соответствующих сторон плиты.

Таблица С3.

Номер условия	Сосредоточенные силы, точки и направления их приложения										
	$F_1 = 4 \text{ кН}$		$F_2 = 6 \text{ кН}$		$F_3 = 8 \text{ кН}$		$F_4 = 10 \text{ кН}$				
					Точка	α_1	Точка	α_2	Точка	α_3	Точка

0	D	60	–	–	E	0	–	–
1	H	90	D	30	–	–	–	–
2	–	–	E	60	–	–	D	90
3	–	–	–	–	E	30	H	0
4	E	0	–	–	H	60	–	–
5	–	–	D	60	H	0	–	–
6	–	–	H	30	–	–	D	90
7	E	30	H	90	–	–	–	–
8	–	–	–	–	D	0	E	60
9	–	–	E	90	D	30	–	–

Определить реакции связей, наложенных на плиту в точках А, В, С. При расчетах принять $l = 0,8\text{м}$.

К1. Кинематика материальной точки

Материальная точка движется в плоскости xOy . Уравнения движения заданы в параметрической форме $x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$ (x и y измеряются в метрах, t – в секундах). Данные для расчета следует взять из табл. К1, К1а).

Таблица К1.

Предпоследняя цифра шифра	Уравнение движения по оси Ох $x = f_1(t)$	Примечания
0	$4\cos(\pi t/6)$	$y = f_2(t)$ для вариантов от 00 до 29 (две последние цифры шифра) взять из столбца 2 табл. К1а
1	$2 - 4\cos(\pi t/6)$	
2	$2\cos(\pi t/6) - 3$	
3	$4 - 2t$	$y = f_2(t)$ для вариантов от 30 до 69 (две последние цифры шифра) взять из столбца 3 табл. К1а
4	$2 - t$	
5	$2t$	
6	$t - 4$	
7	$8\sin(\pi t/6) - 2$	$y = f_2(t)$ для вариантов от 70 до 99 (две последние цифры шифра) взять из столбца 4 табл. К1а
8	$2\sin(\pi t/6)$	
9	$2 - 4\sin(\pi t/6)$	

Таблица К1а

Последняя цифра шифра	Уравнение движения точки по оси Оу: $y = f_2(t)$		
	Для вариантов от 00 до 29	Для вариантов от 30 до 69	Для вариантов от 70 до 99
1	2	3	4
0	$12\sin(\pi t/6)$	$2t^2 + 2$	$4\cos(\pi t/6) - 2$
1	$4 - 6\cos(\pi t/3)$	$8\sin(\pi t/4)$	$14 - 16\cos(\pi t/6)$
2	$-3\sin^2(\pi t/6)$	$(2 + t)^2$	$4\cos(\pi t/3)$
3	$9\sin(\pi t/6) - 4$	$2t^3$	$-10\cos(\pi t/6)$
4	$4\cos(\pi t/3) - 2$	$2 + 2\cos(\pi t/4)$	$-4\cos(\pi t/6)$
5	$-10\sin(\pi t/6)$	$2 - 3t^2$	$8 - 12\cos(\pi t/3)$
6	$2 - 6\sin^2(\pi t/6)$	$2 - 2\sin(\pi t/4)$	$2\cos(\pi t/6)$
7	$2\sin(\pi t/6) - 2$	$(t + 1)^3$	$2 - 8\cos(\pi t/3)$
8	$8\cos(\pi t/3) + 5$	$2 - t^3$	$8\cos(\pi t/6) - 4$
9	$3 - 8\sin(\pi t/6)$	$4\cos(\pi t/4)$	$-8\cos(\pi t/3)$

Определить и изобразить на чертеже траекторию движения точки, за начало движения принять момент времени $t = 0$. Определить скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения в момент времени $t = 1\text{с}$. Рассчитать радиус кривизны в соответствующей точке траектории в заданный момент времени.

В последующих расчетах потребуются знания тригонометрических формул: $\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$; $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cdot \cos\alpha$, а также навыки дифференцирования.

К2. Исследование плоского движения механизма

Плоский механизм состоит из стержней 1, 2, 3, 4 и катка с центром в точке C , соединенных между собой шарнирами. На рис. К2.3 и К2.8 стержень 3 шарнирно соединен с ползунами B и E . На рис. К2.3–К2.8 шарнир D находится в середине соответствующего стержня.

Длины стержней равны соответственно: $l_1 = 0,2\text{м}$; $l_2 = 1,0\text{м}$; $l_3 = 1,2\text{м}$; $l_4 = 0,8\text{м}$. Радиус катка $R = 0,3\text{м}$.

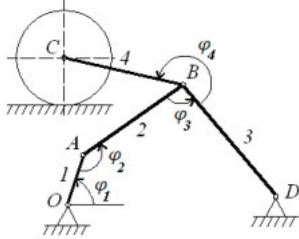


Рис. К2.0

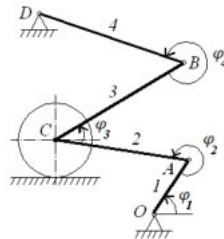


Рис. К2.1

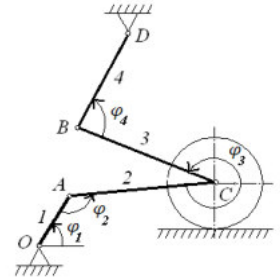


Рис. К2.2

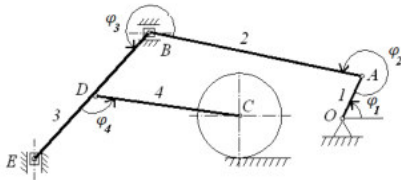


Рис. К2.3

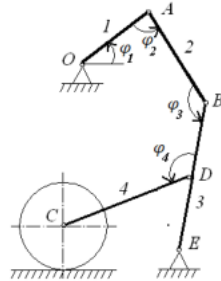


Рис. К2.4

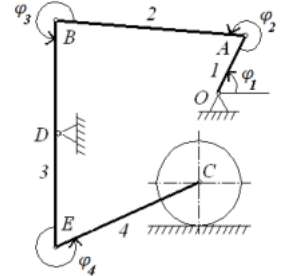


Рис. К2.5

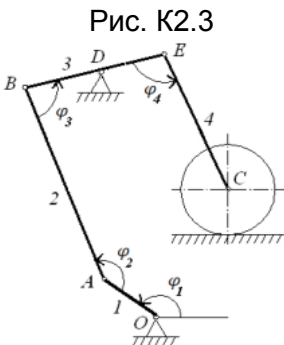


Рис. К2.6

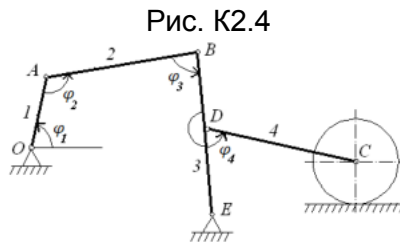


Рис. К2.7

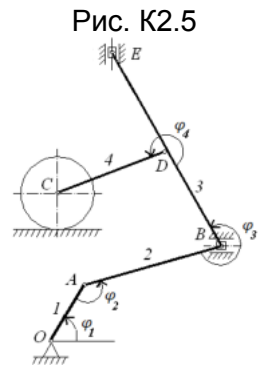


Рис. К2.8

Положение механизма определяется углами $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ (рис. К2.0–К2.9), значения углов указаны в табл. К2. Здесь же заданы скорости (скорость 1звена ω_1 или центра катка V_C), которые являются постоянными. Заданную угловую скорость ω_1 считать направленной против хода часовой стрелки, а заданную скорость V_C – вправо.

Определить линейные скорости V тех точек механизма и угловые скорости ω тех его звеньев, которые указаны в столбце «Найти» табл. К2.

К3. Сложное движение материальной точки

Пластина вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = \varphi(t)$, заданному в табл. К3. Положительное направление отсчета угла φ показано на рисунках дуговой стрелкой (рис. К3.0–К3.9).

На рис. К3.7, К3.8, К3.9 ось вращения пластины проходит через точку O_1 перпендикулярно плоскости чертежа. На рис. К3.0, К3.2, К3.4, К3.5 ось вращения пластины вертикальна, а на рис. К3.1, К3.3, К3.6 – горизонтальна.

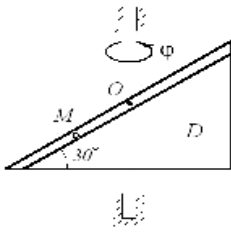


Рис. К3.0

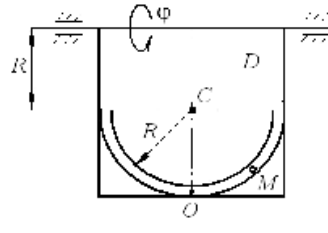


Рис. К3.1

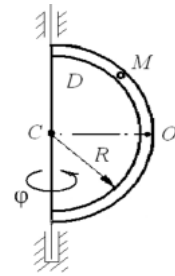


Рис. К3.2

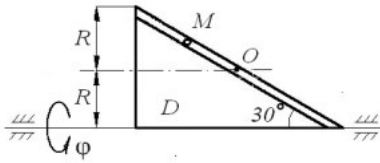


Рис. К3.3

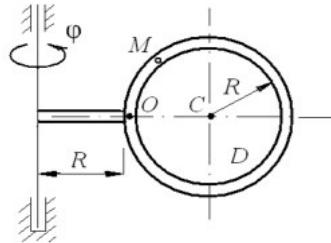


Рис. К3.4

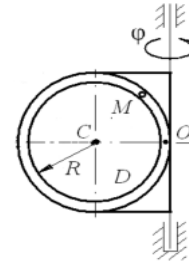


Рис. К3.5

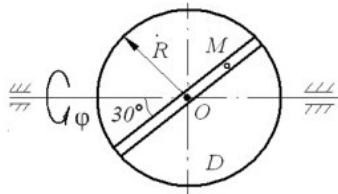


Рис. К3.6

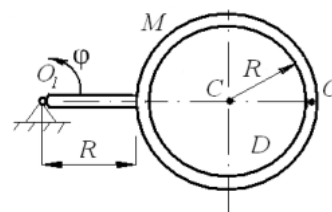


Рис. К3.7

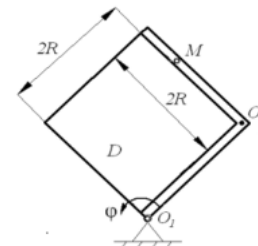


Рис. К3.8

По пластине движется точка M согласно закону $s = OM = s(t)$, указанному в табл. К3. На всех рисунках показано положительное смещение точки M ($s = OM$).

Таблица К3

Номер условия	Закон движения пластины $\varphi = \varphi(t)$, рад	Размер R , м	Закон движения точки $s = s(t)$, м
0	$4(t^2 - t)$	1,2	$\frac{\pi}{6}R(4t^2 - 2t^3)$
1	$3t^2 - 8t$	1,6	$\frac{\pi}{4}R(2t^2 - t^3)$
2	$6t^3 - 12t^2$	1,0	$\frac{\pi}{3}R(2t^2 - 1)$
3	$t^2 - 2t^3$	1,6	$\frac{\pi}{3}R(2t^4 - 3t^2)$
4	$10t^2 - 5t^3$	0,8	$\frac{\pi}{6}R(3t - t^2)$
5	$2(t^2 - t)$	2,0	$\frac{\pi}{3}R(t^3 - 2t)$
6	$5t - 4t^2$	1,2	$\frac{\pi}{4}R(t^3 - 2t^2)$
7	$15t - 3t^3$	0,8	$\frac{\pi}{6}R(t - 2t^2)$
8	$2t^3 - 4t$	1,0	$\frac{\pi}{3}R(3t^2 - 2t)$
9	$6t^2 - 3t^3$	2,0	$\frac{\pi}{4}R(t - 2t^2)$

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t = 1$ с.

Д1. Дифференциальное уравнение движения точки

Тело D , имеющее массу m , получив в точке A начальную скорость V_0 , движется в изогнутой трубе ABC , расположенной в вертикальной плоскости (рис. Д1.0–Д1.9).

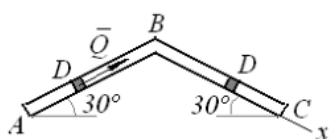


Рис. Д1.0

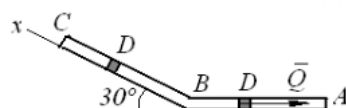


Рис. Д1.1

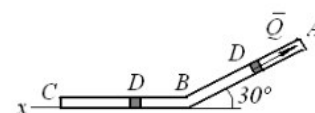


Рис. Д1.2

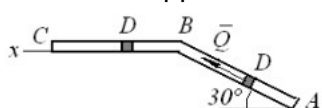


Рис. Д1.3

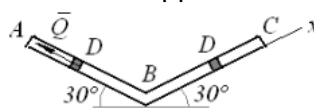


Рис. Д1.4

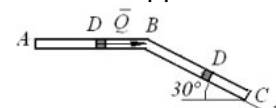


Рис. Д1.5

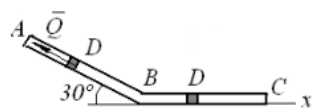


Рис. Д1.6

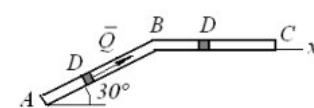


Рис. Д1.7

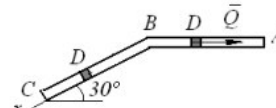


Рис. Д1.8

На участке AB на тело, кроме силы тяжести, действуют постоянная сила \vec{Q} , направленная вдоль трубы, и сила вязкого трения \vec{R} , зависящая от скорости \vec{V} груза (направлена против движения). В точке B тело изменяет направление движения, но не изменяет величины своей скорости. На участке BC на тело, кроме силы тяжести, действуют силы сухого трения $\vec{F}_{тр}$ (коэффициент трения груза о трубу $k = 0,1$) и переменная сила \vec{F} , проекция которой F_x на ось x задана в табл. Д1. Там же приведены величины m , V_0 , Q , расстояние между точками A и B ($l = AB$) или τ_{AB} – время движения тела от точки A до точки B , а также коэффициенты вязкого трения μ тела о трубу.

Таблица Д1.

Номер условия	m , кг	V_0 , м/с	Q , Н	μ	l , м	τ_{AB} , с	F_x , Н	Найти
0	2,4	12	5	0,2	1,5	–	$4\sin(4t)$	V_x
1	2	20	6	0,4	–	2,5	$-5\cos(4t)$	x
2	8	10	16	0,3	4	–	$6t$	V_x
3	1,8	24	5	0,3	–	2	$-2\cos(2t)$	x
4	6	15	12	0,2	5	–	$-5\sin(2t)$	V_x
5	4,5	22	9	0,3	–	3	$3t$	x
6	4	12	10	0,1	2,5	–	$6\cos(4t)$	V_x
7	1,6	18	4	0,4	–	2	$-3\sin(4t)$	x
8	4,8	10	10	0,2	4	–	$4\cos(2t)$	V_x
9	3	22	9	0,3	–	3	$4\sin(2t)$	x

Считая тело материальной точкой, необходимо найти: закон движения груза на участке BC $x = f_1(t)$, где $x = BD$, или скорость тела на этом участке $V_x = f_2(t)$.

Д2. Применение теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из грузов 3 и 4, коэффициент трения которых о плоскость $k = 0,1$, сплошного цилиндрического катка 5 и ступенчатых шкивов 1 и 2 с радиусами ступеней $R_1 = 0,3\text{ м}$; $r_1 = 0,1\text{ м}$; $R_2 = 0,2\text{ м}$; $r_2 = 0,1\text{ м}$. Массы шкивов равномерно распределены по их внешним контурам (рис. Д2.0–Д2.9, табл. Д2). Тела системы соединены друг с другом нитями, намотанными на шкивы; участки нитей параллельны соответствующим плоскостям.

Под действием силы $F = F(S)$, которая зависит от перемещения S точки приложения силы, система приходит в движение из состояния покоя. При движении системы на шкивы

1 и 2 действуют постоянные моменты сил сопротивлений, равные, соответственно, M_1 и M_2 .

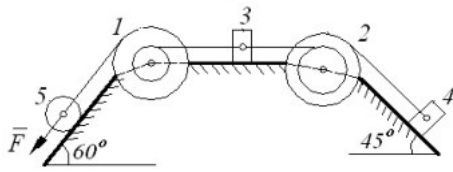


Рис. Д2.0

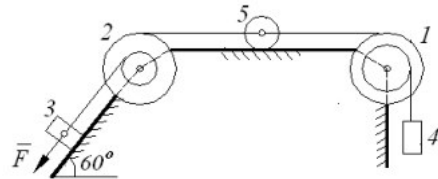


Рис. Д2.1

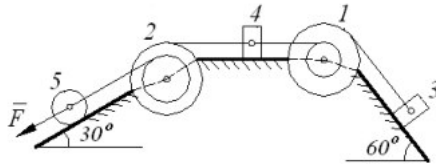


Рис. Д2.2

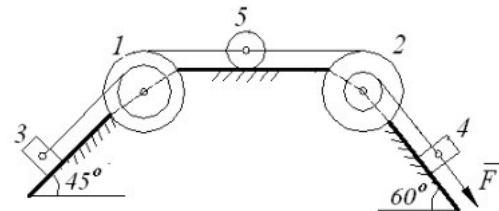


Рис. Д2.3

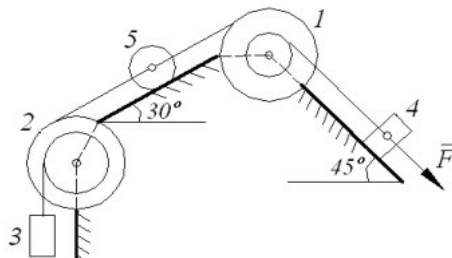


Рис. Д2.4

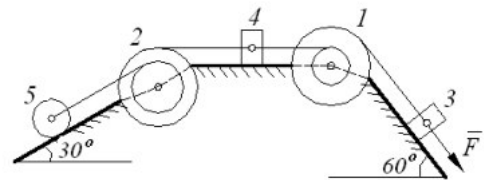


Рис. Д2.5

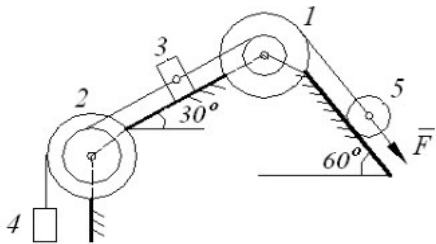


Рис. Д2.6

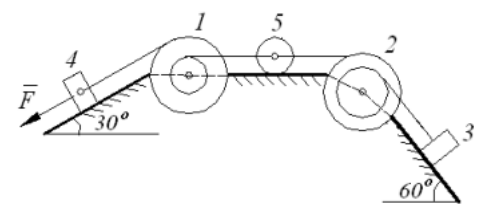


Рис. Д2.7

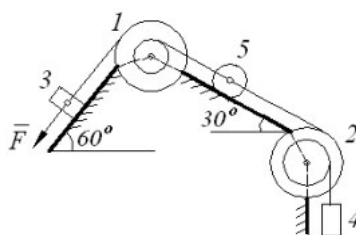


Рис. Д2.8

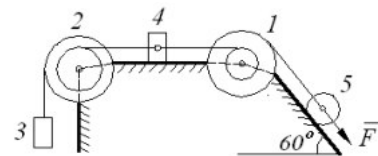


Рис. Д2.9

Таблица Д2

Номер условия	Масса тел системы, кг					Момент сил сопротивления, Нм		Движущая сила, $F = f(S)$, Н	Перемещение, S , м	Найти
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	M_1	M_2			
0	2	0	0	6	4	0	0,8	$50(2 + 3S)$	1,0	V_4
1	6	0	8	0	2	0,6	0	$20(5 + 2S)$	1,2	ω_5
2	0	4	0	8	6	0	0,4	$80(3 + 4S)$	0,8	V_{C5}
3	0	2	10	0	4	0,3	0	$40(4 + 5S)$	0,6	V_3
4	8	0	0	6	2	0	0,6	$30(3 + 2S)$	1,4	ω_1
5	8	0	6	0	4	0,9	0	$40(3 + 5S)$	1,6	V_3
6	0	6	0	8	2	0	0,8	$60(2 + 5S)$	1,0	ω_2

7	0	4	10	0	6	0,6	0	$30(8 + 3S)$	0,8	ω_5
8	6	0	8	0	4	0,3	0	$50(2 + 5S)$	1,6	V_{C5}
9	0	4	0	10	6	0	0,4	$50(3 + 2S)$	1,4	V_4

Определить значение искомой величины в тот момент времени, когда перемещение точки приложения силы \vec{F} равно S . Искомая величина указана в столбце «Найти» табл. Д2, где V_3 – скорость груза 3; V_{C5} – скорость центра масс катка 5; ω_1 – угловая скорость тела 1 и т.д.

Д3. Применение теоремы о движении центра масс

Механическая система состоит из призмы 1, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, и трех тел, соединенных невесомой нерастяжимой нитью (рис. Д3.0...Д3.9). Блок 3, укрепленный на призме, вращается согласно закону $\varphi_3 = f(t)$ и приводит в движение тела 2 и 4. Этими телами являются: параллелепипед, цилиндрический каток или шкив. Параллелепипед скользит без трения по поверхности призмы, цилиндрический каток движется без проскальзывания по поверхности призмы, а шкив вращается вокруг неподвижной оси. Блок, каток или шкив представляют собой сплошные однородные цилиндры.

Исходные данные для решения приведены в табл. Д3 и на рис. Д3.0...Д3.9.

Таблица Д3.

№ п/п	m_1 , кг	m_2 , кг	m_3 , кг	m_4 , кг	α , град	β , град	$\varphi_3 = f(t)$, рад
0	$6m$	$2m$	m	$2m$	60	30	$0,3t^2$
1	$5m$	m	m	$2m$	60	45	$0,3t^3$
2	$4m$	m	m	$2m$	30	60	$0,5t^2$
3	$8m$	$3m$	m	$2m$	45	45	$0,6t^2$
4	$9m$	$4m$	m	$2m$	30	45	$0,9t^3$
5	$6m$	$2m$	m	$2m$	60	45	$0,3t^4$
6	$5m$	m	m	$2m$	45	30	$0,2t^3$
7	$8m$	$3m$	m	$2m$	30	60	$0,8t^2$
8	$10m$	$5m$	m	$2m$	60	30	$0,9t^2$
9	$9m$	$2m$	m	$2m$	45	45	$0,1t^3$

Определить закон движения призмы по горизонтальной поверхности, если в начальный момент времени $t = 0$ система находилась в покое.

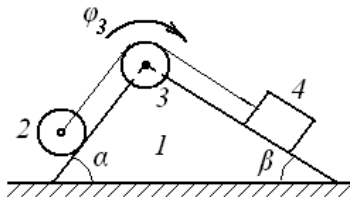


Рис. Д3.0

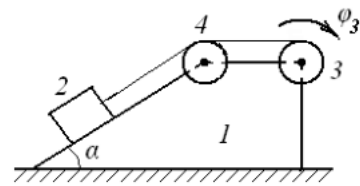


Рис. Д3.1

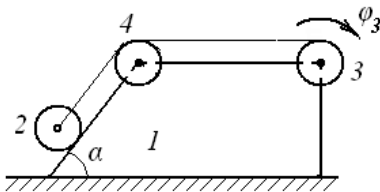


Рис. Д3.2

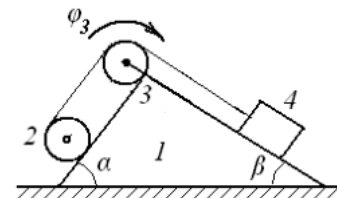


Рис. Д3.3

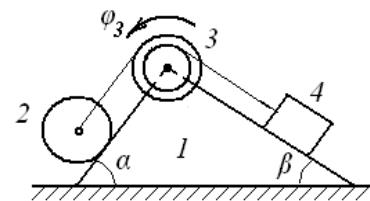
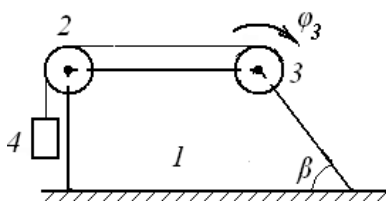


Рис. Д3.4

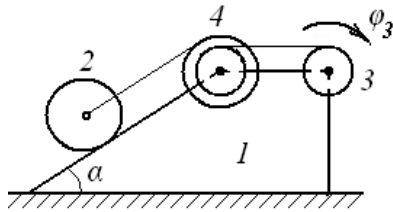


Рис. Д3.6

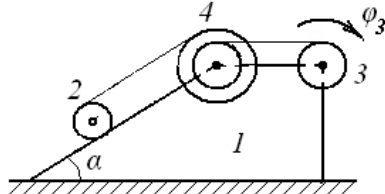


Рис. Д3.8

Рис. Д3.5

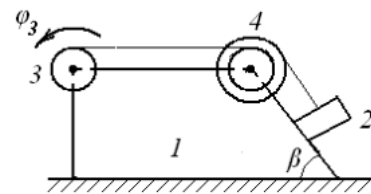


Рис. Д3.7

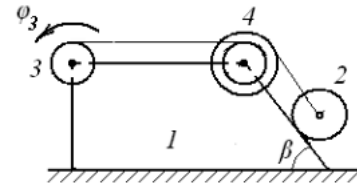


Рис. Д3.9

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущий контроль успеваемости проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущий контроль успеваемости проводится в форме(ах): устного опроса; письменных работ (контрольные, выполнение практических заданий). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные (экзамен) и качественные (зачет, контрольная работа) шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.