

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комарова Светлана Юриевна

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 03.10.2023 09:21:10

Уникальный программный ключ:

43ba42f5deae4116bbfcb9ac98e39108031227e81add207cbee4149f2098d7a

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина»

Факультет агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования

ОПОП по направлению подготовки 20.03.02– Природообустройство и водопользование

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по освоению дисциплины

Б1.О.26.01 Теоретическая механика

**Профиль «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водо-
отведения»**

Обеспечивающая преподавание дисциплины кафедра -технического сервиса, механики и электро-
техники

Выпускающее подразделение ОПОП – Факультет агрохимии, почвоведения, экологии, природообу-
ройства и водопользования

Разработчик, доцент

А.В. Шимохин

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
1. Место дисциплины в подготовке бакалавра
2. Структура учебной работы, содержание и трудоёмкость основных элементов дисциплины
2.1. Организационная структура, трудоёмкость и план изучения дисциплины
2.2. Содержание дисциплины по разделам
3. Общие организационные требования к учебной работе обучающегося, условия допуска к зачету по дисциплине
3.1. Организация занятий и требования к учебной работе обучающегося
3.2. Условия допуска к экзамену по дисциплине
4. Лекционные занятия
5. Практические занятия по курсу и подготовка обучающегося к ним
6. Лабораторные занятия по курсу и подготовка обучающегося к ним
7. Общие методические рекомендации по изучению отдельных разделов дисциплины
8. Общие методические рекомендации по оформлению и выполнению отдельных видов ВАРС
9.1. Рекомендации по выполнению расчетно-графической работы.
9.1.1. Критерии оценки
9.2. Рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям
9.2.1. Критерии оценки
9.3. Другое
10. Текущий (внутрисеместровый) контроль хода и результатов учебной работы обучающегося
10.1. Текущий контроль успеваемости
10.1.1. Критерии оценки
11. Промежуточная (семестровая) аттестация обучающихся
11.1. Критерии оценки
11.2. Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины
11.2.1. Критерии оценки
12. Учебно-информационные источники для изучения дисциплины

ВВЕДЕНИЕ

1. Настоящее издание является основным организационно-методическим документом учебно-методического комплекса по дисциплине в составе основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО). Оно предназначено стать для них методической основой по освоению данной дисциплины.

2. Содержательной основой для разработки настоящих методических указаний послужила Рабочая программа дисциплины, утвержденная в установленном порядке.

3. Методические аспекты развиты в учебно-методической литературе и других разработках, входящих в состав УМК по данной дисциплине.

4. Доступ обучающихся к электронной версии Методических указаний по изучению дисциплины, обеспечен в информационно-образовательной среде университета.

При этом в электронную версию могут быть внесены текущие изменения и дополнения, направленные на повышение качества настоящих методических указаний.

Уважаемые обучающиеся!

Приступая к изучению новой для Вас учебной дисциплины, начните с вдумчивого прочтения разработанных для Вас кафедрой специальных методических указаний. Это поможет Вам вовремя понять и правильно оценить ее роль в Вашем образовании.

Ознакомившись с организационными требованиями кафедры по этой дисциплине и соизмерив с ними свои силы, Вы сможете сделать осознанный выбор собственной тактики и стратегии учебной деятельности, уберечь самих себя от неразумных решений по отношению к ней в начале семестра, а не тогда, когда уже станет поздно. Используя это издание, Вы без дополнительных осложнений пойдете к семестровой аттестации по этой дисциплине. Успешность аттестации зависит, прежде всего, от Вас. Ее залог – ритмичная, целенаправленная, вдумчивая учебная работа, в целях обеспечения которой и разработаны эти методические указания.

1. Место дисциплины в подготовке выпускника

Учебная дисциплина относится к вариативным дисциплинам, состав которых определяется вузом и требованиями ФГОС.

Цель дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен изучить общие законы движения и равновесия материальных тел и возникающих при этом взаимодействий между телами.

Применение полученных навыков в процессе дальнейшего профессионального обучения для решения научных и производственных задач в будущей профессиональной деятельности.

1.1. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

Компетенции, в формировании которых задействована дисциплина		Код и наименование индикатора достижений компетенции	Компоненты компетенций, формируемые в рамках данной дисциплины (как ожидаемый результат ее освоения)		
код	наименование		знать и понимать	уметь делать (действовать)	владеть навыками (иметь навыки)
1			2	3	4
Общепрофессиональные компетенции					
ОПК-1	Способен участвовать в осуществлении технологических процессов по инженерным изысканиям, проектированию, строительству, эксплуатации и реконструкции объектов природообустройства и водопользования;	ИД-1 _{ОПК-1} Применяет методы инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции объектов природообустройства и водопользования	Знает основные законы теоретической механики, моделирования механических систем	Умеет самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем	Владеет навыками расчёта и конструирования балок, плит, ферм.
		ИД-2 _{ОПК-1} использует справочную и нормативную	Знает справочную и нормативно-	Умеет применять справочную и нормативно-	Владеет навыками применения справочной и нормативно-

		мативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования	техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики.	техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	но-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики
ОПК-2	Способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учета требований экологической и производственной безопасности;	ИД-1 ОПК-2 решает задачи, связанные с природообустройством и водопользованием на основе применения знаний в области естественнонаучных и технических наук при соблюдении экологической безопасности и качества работ	Знает на соответствующем уровне предметное содержание всех изучаемых в вузе разделов теоретической механики, её основные понятия и законы	Умеет составлять и решать системы уравнений равновесия твёрдого тела, движения материальной точки и механической системы	Владеет навыками решений задач, основывающимися на законах механики методами и алгоритмами исследования равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы.
		ИД-2 ОПК-2 осуществляет контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности	Владеет знаниями правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	Умеет осуществлять контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	Владеет навыками контроля соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики

2.3. Описание показателей, критериев и шкал оценивания и этапов формирования компетенций в рамках дисциплины

Индекс и название компетенции	Код индикатора достижений компетенции	Индикаторы компетенции	Показатель оценивания – знания, умения, навыки (владения)	Уровни сформированности компетенций			Формы и средства контроля формирования компетенций	
				компетенция не сформирована	минимальный	средний		высокий
				Оценки сформированности компетенций				
				Не зачтено		Зачтено		
				Характеристика сформированности компетенции				
				Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений и навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач. 2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач. 3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.			
Критерии оценивания								
ОПК-1 Способен участвовать в осуществлении технологических процессов по инженерным изысканиям, проектированию, строительству, эксплуатации и реконструкции объектов природообустройства и водопользования;	ИД-1 _{ОПК-1} Применяет методы инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции объектов природообустройства и водопользования	Полнота знаний	Знает основные законы теоретической механики, моделирования механических систем	Не знает основные законы теоретической механики, моделирования механических систем	1. Поверхностно знает основные законы теоретической механики, моделирования механических систем й 2. Знает основные законы теоретической механики, моделирования механических систем, но допускает ошибки 3. В совершенстве знает основные законы теоретической механики, моделирования механических систем	опрос; РГР зачет		
		Наличие умений	Умеет самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем	Не умеет самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем	1. Слабо умеет самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем 2. Умеет самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, но допускает ошибки 3. В совершенстве умеет самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем	опрос; РГР зачет		
		Наличие навыков (владение опытом)	Имеет навыками расчёта и конструирования балок, плит, ферм.	Не владеет навыками расчёта и конструирования балок, плит, ферм.	1. Имеет слабые навыки расчёта и конструирования балок, плит, ферм 2. Имеет навыки расчёта и конструирования балок, плит, ферм., но допускает ошибки 3. Имеет навыки расчёта и конструирования балок, плит, ферм	опрос; РГР зачет		
	ИД-2 _{ОПК-1} использует справочную и нормативно-техническую	Полнота знаний	Знает справочную и нормативно-техническую документацию с	Не знает справочную и нормативно-техническую документацию с целью	1. Поверхностно знает справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования	опрос; РГР зачет		

	документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования		целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики.	анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики.	дообустройства и водопользования, с учетом законов механики. 2. Знает справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики., но допускает ошибки 3. В совершенстве знает справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики.	
		Наличие умений	Умеет применять справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	Не умеет применять справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	1. Поверхностно ориентируется в справочной и нормативно-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики 2. Умеет применять справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики, но допускает ошибки. 3. В совершенстве умеет применять справочную и нормативно-техническую документацию с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	опрос; РГР зачет
		Наличие навыков (владение опытом)	Владеет навыками применения справочной и нормативно-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	Не владеет навыками применения справочной и нормативно-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	1. Имеет слабые навыки применения справочной и нормативно-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики 2. Имеет навыки применения справочной и нормативно-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики, но допускает ошибки 3. В совершенстве навыками применения справочной и нормативно-технической документации с целью анализа современных проектных решений в области природообустройства и водопользования, с учетом законов механики	опрос; РГР зачет
ОПК-2 Способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественно-научных и технических наук, учета требований экологической и производственной безопасности;	ИД-1ОПК-2 решает задачи, связанные с природообустройством и водопользованием на основе применения знаний в области естественнонаучных и технических наук при соблюдении экологиче-	Полнота знаний	Знает на соответствующем уровне предметное содержание всех изучаемых в вузе разделов теоретической механики, её основные понятия и законы	Не знает предметное содержание всех изучаемых в вузе разделов теоретической механики, её основные понятия и законы	1 Поверхностно знает предметное содержание всех изучаемых в вузе разделов теоретической механики, её основные понятия и законы 2 Знает предметное содержание всех изучаемых в вузе разделов теоретической механики, её основные понятия и законы, но допускает ошибки 3 В совершенстве знает предметное содержание всех изучаемых в вузе	опрос; РГР зачет

	ской безопасности и качества работ				разделов теоретической механики, её основные понятия и законы	
		Наличие умений	Умеет составлять и решать системы уравнений равновесия твёрдого тела, движения материальной точки и механической системы	Не умеет составлять и решать системы уравнений равновесия твёрдого тела, движения материальной точки и механической системы	1. Поверхностно ориентируется в задачах системы уравнений равновесия твёрдого тела, движения материальной точки и механической системы 2. Умеет решать задачи системы уравнений равновесия твёрдого тела, движения материальной точки и механической системы, но допускает ошибки 3. В совершенстве умеет решать задачи системы уравнений равновесия твёрдого тела, движения материальной точки и механической системы	опрос; РГР зачет
		Наличие навыков (владение опытом)	Владеет навыками решений задач, основывающимися на законах механики методами и алгоритмами исследования равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы	Не владеет навыками решений задач, основывающимися на законах механики методами и алгоритмами исследования равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы	1 Имеет слабые навыки решений задач, основывающимися на законах механики методами и алгоритмами исследования равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы 2 Имеет навыки решений задач, основывающимися на законах механики методами и алгоритмами исследования равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы, но допускает ошибки 3 Имеет навыками решений задач, основывающимися на законах механики методами и алгоритмами исследования равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы	опрос; РГР зачет
	ИД-2ОПК-2 осуществляет контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности	Полнота знаний	Знает правила трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	Не знает правила трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	1. Поверхностно знает правила трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики 2. Знает правила трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики, но допускает ошибки 3. В совершенстве знает правила трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	опрос; РГР зачет
		Наличие умений	Умеет осуществлять контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	Не умеет осуществлять контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	1. Слабо умеет осуществлять контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики 2. Умеет осуществлять контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	опрос; РГР зачет

					,но допускает ошибки. 3. Умеет осуществлять контроль соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	
		Наличие навыков (владение опытом)	Владеет навыками контроля соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	Не владеет навыками контроля соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	1. Имеет слабые навыки контроля соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики 2. Имеет навыки контроля соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики, но допускает ошибки 3. Имеет навыками контроля соблюдения персоналом правил трудового распорядка, требований охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности, с учетом законов механики	опрос; РГР зачет

2.1 Организационная структура, трудоемкость и план изучения дисциплины

Курс изучается в 4 семестре 2 курса.

Продолжительность семестра 16 недель на очной форме обучения.

Курс изучается на 2 и 3 курсе на заочной форме обучения.

Общая трудоемкость курса составляет 3 зачетные единицы, 108 часа (в т.ч. 36 на экзамен).

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	в т.ч. по семестрам обучения			
	очная форма		заочная форма	
	4 сем.	№ сем.	2 курс	3 курс
1. Аудиторные занятия, всего	36		2	8
- Лекции	12		2	2
- Практические занятия (включая семинары)	12			4
- Лабораторные занятия	12			2
2. Внеаудиторная академическая работа студентов	36		34	24
2.1 Фиксированные виды внеаудиторных самостоятельных работ:				
Выполнение и сдача индивидуального задания в виде расчётно-графической работы (РГР)*	20		10	10
2.2 Самостоятельное изучение тем/вопросов программы	5		24	4
2.3 Самоподготовка к аудиторным занятиям	5			4
2.4 Самоподготовка к участию и участие в контрольно-оценочных мероприятиях, проводимых в рамках текущего контроля освоения дисциплины (за исключением учтённых в пп.2.1 – 2.2):	6			6
3. Получение зачёта по итогам освоения дисциплины	-		-	4
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины:	Часы	72		
	Зачетные единицы	2		
Примечание: * – семестр – для очной и очно-заочной формы обучения, курс – для заочной формы обучения; ** – КР/КП, реферата/эссе/презентации, контрольной работы (для обучающихся заочной формы обучения), расчётно-графической (расчетно-аналитической) работы и др.;				

2.2. Содержание дисциплины по разделам

Таблица 2.2. Укрупнённая содержательная структура дисциплины и общая схема её реализации в учебном процессе

4.1. Укрупнённая содержательная структура учебной дисциплины и общая схема её реализации в учебном процессе										
Номер и наименование раздела учебной дисциплины. Укрупнённые темы раздела	Трудоемкость раздела и её распределение по видам учебной работы, час.						Форма рубежного контроля по разделу	№№ компетенций, на формирование которых ориентирован раздел		
	Общая	Аудиторная работа				ВАРС				
		всего	лекции	занятия		всего			фиксированные виды	
				практические (всех форм)	лабораторные					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Очная форма обучения										
1	Статика	28	12	4	4	4	16	10	опрос; РГР зачет	ОПК-1, ОПК-2,
	1.1 Предмет статики. Момент силы относительно точки и оси. Теория пар сил. Связи и их реакции	14	6	2	2	2	8	5	опрос; РГР зачет	
	1.2 Система сил. Основная теорема статики. Векторные и аналитические условия равновесия для различных систем сил. Центр тяжести твердых тел	14	6	2	2	2	8	5	опрос; РГР зачет	
	Кинематика	22	12	4	4	4	10	6	опрос; РГР зачет	
	2.1 Способы задания движения точки	11	6	2	2	2	5	2	опрос; РГР зачет	
	2.2 Простейшие движения твердых тел.	6	3	1	1	1	3	2	опрос; РГР зачет;	
	2.3 Сложное движение точки (тела)	5	3	1	1	1	2	2	опрос; РГР зачет	

	Динамика	22	12	4	4	4	10	4	опрос; РГР зачет;	
	3.1 Динамика точки, динамика механической системы (общие теоремы динамики)	10	6	2	2	2	5	4	опрос; РГР зачет	
	3.2 Аналитическая статика, аналитическая динамика. Принципы механики.	10	6	2	2	2	5	–	опрос; РГР зачет	
	Получение зачёта по итогам освоения дисциплины	-	-	-	-	-	–	–	опрос; РГР зачет	
	Итого по учебной дисциплине	72	36	12	12	12	36	20		
	Доля лекций в аудиторных занятиях, %	33,3								
	Заочная форма обучения (2 курс)									
1	Статика	36	2	2	-	-	34	10	опрос; РГР зачет	ОПК-1, ОПК-2,
	1.1 Предмет статики. Момент силы относительно точки и оси. Теория пар сил. Связи и их реакции	-	-	1	-	-	17	5	опрос; РГР зачет	
	1.2 Система сил. Основная теорема статики. Векторные и аналитические условия равновесия для различных систем сил. Центр тяжести твердых тел	-	-	1	-	-	17	5	опрос; РГР зачет	
	Итого по учебной дисциплине	36	2	2	-	-	34	10		
	Доля лекций в аудиторных занятиях, %	100								
	Заочная форма обучения (4 курс)									
	Кинематика	12	4	2	2	-	8	4	опрос; РГР;; ,зачет	ОПК-1, ОПК-2,
	2.1 Способы задания движения точки	4	2	1	1	-	2	1	опрос; РГР;; ,зачет	
	2.2 Простейшие движения твердых тел.	3	1	0,5	0,5	-	2	1	опрос; РГР;; ,зачет	
	2.3 Сложное движение точки (тела)	5	1	0,5	0,5	-	4	2	опрос; РГР;; ,зачет	
	Динамика	20	4	-	2	2	16	6	опрос; РГР;; ,зачет	
	3.1 Динамика точки, динамика механической системы (общие теоремы динамики)	12	2		1	1	10	6	опрос; РГР;; ,зачет;	
	3.2 Аналитическая статика, аналитическая динамика. Принципы механики.	8	2		1	1	6	-	опрос; РГР;; ,зачет	
	Получение зачёта по итогам освоения дисциплины	4	-	-	-	-	-		опрос; РГР;; ,зачет;	
	Итого по учебной дисциплине	36		2	4	2	24	10		
	Доля лекц й в аудиторных занятиях. %	25								

3. Общие организационные требования к учебной работе обучающегося

3.1. Организация занятий и требования к учебной работе обучающегося

Организация занятий по дисциплине носит циклический характер. По 3 ее разделам предусмотрена взаимоувязанная цепочка учебных работ: лекция – самостоятельная работа обучающихся (аудиторная и внеаудиторная). На занятиях группа обучающихся получает задание на выполнение лабораторных работ и на самостоятельную работу.

Для своевременной помощи обучающимся при изучении дисциплины кафедрой организуются индивидуальные и групповые консультации, устанавливается время приема выполненных работ. По итогам изучения дисциплины осуществляется аттестация обучающегося в форме зачета.

Учитывая статус дисциплины к её изучению предъявляются следующие организационные требования:

- обязательное посещение обучающимся всех видов аудиторных занятий;
- ведение конспекта в ходе лекционных занятий;
- качественная самостоятельная подготовка к лабораторным занятиям, активная работа на них;
- активная, ритмичная самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа обучающегося в соответствии с планом-графиком, представленным в таблице. Нумерацию уточнить; своевременная сдача преподавателю отчетных документов по аудиторным и внеаудиторным видам работ;
- в случае наличия пропущенных обучающимся занятий, необходимо получить консультацию по подготовке и оформлению отдельных видов заданий.

Для успешного освоения курса, обучающемуся предлагаются учебно-информационные источники в виде учебной, учебно-методической литературы по всем разделам.

3.2 Условия допуска к зачету

Зачет во 2 семестре выставляется обучающемуся согласно Положения о текущей, промежуточной аттестации обучающихся и слушателей в ФГБОУ ВО Омский ГАУ, выполнившему в полном объеме все перечисленные в п.2-3 требования к учебной работе. В случае не полного выполнения указанных условий по уважительной причине, обучающемуся могут быть предложены консультации по пропущенному учебному материалу.

4. Лекционные занятия

Для изучающих дисциплину читаются лекции в соответствии с планом, представленным в таблице 4.

Таблица 4 - Лекционный курс. Примерный тематический план чтения лекций по разделам дисциплины

4.2. Лекционный курс. Примерный тематический план чтения лекций по разделам учебной дисциплины						
Номер		Тема лекции. Основные вопросы темы	Трудоемкость по разделу, час.			Используемые интерактивные формы
раздела	лекции		Очная форма	Заочная форма		
				2 курс	3 курс	
1	1	1.1 Предмет статики. Момент силы относительно точки и оси. Теория пар сил. Связи и их реакции	2	1		Лекция-визуализация
1	2	1.2 Система сил. Основная теорема статики. Векторные и аналитические условия равновесия для различных систем сил. Центр тяжести твердых тел	2		1	Лекция-визуализация
2	3	2.1 Способы задания движения точки	2		1	Лекция-визуализация
2	4	2.2 Простейшие движения твердых тел.	2		0,5	Лекция-визуализация
2	5	2.3 Сложное движение точки (тела)	2		0,5	Лекция-визуализация
3	6	3.1 Динамика точки, динамика механической системы (общие теоремы динамики)	1			Лекция-визуализация
3	7	3.2 Аналитическая статика, аналитическая динамика. Принципы механики.	1			Лекция-визуализация
Общая трудоёмкость лекционного курса			12	2	2	
Всего лекций по учебной дисциплине:		час	Из них в интерактивной форме:		час	
- очная форма обучения		12	- очная форма обучения		12	
- заочная форма обучения		4	- заочная форма обучения		4	
Примечания:						
- материально-техническое обеспечение лекционного курса – см. Приложение 6.						
- обеспечение лекционного курса учебной, учебно-методической литературой и иными библиотечно-информационными ресурсами и средствами обеспечения образовательного процесса – см. Приложения 1 и 2						

5. Практические занятия

Практические занятия по курсу проводятся в соответствии с планом, представленным в таблице 5.

Подготовка обучающихся к практическим занятиям осуществляется с учетом общей структуры учебного процесса. На практических занятиях осуществляется входной и текущий аудиторный контроль в виде опроса, по основным понятиям дисциплины.

Подготовка к практическим занятиям подразумевает выполнение домашнего задания к очередному занятию по заданиям преподавателя, выдаваемым в конце предыдущего занятия. Для осуществления работы по подготовке к занятиям, необходимо ознакомиться с путеводителем по дисциплине, в котором внимательно ознакомиться с литературой и электронными ресурсами, с рекомендациями по подготовке, вопросами для самоконтроля.

Таблица 5 - Примерный тематический план практических занятий по разделам дисциплины

4.3. Примерный тематический план практических занятий							
по разделам учебной дисциплины							
Номер		Тема занятия/ Примерные вопросы на обсуждение (для занятий в формате семинарских)	Трудоёмкость по разделу, час.			Используемые интерактивные формы	Связь занят ия с ВАРС *
раздела (модуля)	занятия						
				очная форма	заочная форма		
1	2	3	4	5		6	7
1	1	Система сходящихся сил на плоскости и в пространстве	2	-		–	
1	2	Равновесие плоской системы сил	2	-		Работы в малых группах	ОСП
2	3	Равновесие системы тел под действием плоской системы сил	2	-	2	Работы в малых группах	ОСП
	4	Произвольная пространственная система сил	2	-	1	–	ОСП
3	5	Естественный способ задания движения точки	2	-	1	–	ОСП
Всего практических занятий по учебной дисциплине:			час	Из них в интерактивной форме:		час	
- очная форма обучения			12	- очная форма обучения			4
- заочная форма			4	- заочная форма			4
В том числе в формате семинарских занятий:							
- очная форма обучения			–				
- заочная форма			–				
* Условные обозначения: ОСП - предусмотрена обязательная самоподготовка к занятию; УЗ СРС - на занятии выдаётся задание на конкретную ВАРС; ПР СРС - занятие содержательно базируется на результатах выполнения студентами конкретной ВАРС; ...							
Примечания: - материально-техническое обеспечение практических занятий – см. Приложение 6 - обеспечение практических занятий учебной, учебно-методической литературой и иными библиотечно-информационными ресурсами и средствами обеспечения образовательного процесса – см. Приложения 1 и 2							

Шкала и критерии оценивания самоподготовки по темам практических занятий

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся на основе самостоятельно изученного материала смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы. Владеет методиками при решении практических задач.

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся неаккуратно оформил отчётный материал в виде реферата на основе самостоятельно изученного материала, не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы. Затрудняется решать практические задачи.

6. Лабораторные занятия по дисциплине и подготовка обучающегося к ним

Лабораторные занятия по курсу проводятся в соответствии с планом, представленным в таблице 6.

Подготовка обучающихся к практическим занятиям осуществляется с учетом общей структуры учебного процесса. На практических занятиях осуществляется входной и текущий аудиторный контроль в виде опроса, по основным понятиям дисциплины.

Подготовка к практическим занятиям подразумевает выполнение домашнего задания к очередному занятию по заданиям преподавателя, выдаваемым в конце предыдущего занятия. Для осуществления

работы по подготовке к занятиям, необходимо ознакомиться с путеводителем по дисциплине, в котором внимательно ознакомиться с литературой и электронными ресурсами, с рекомендациями по подготовке, вопросами для самоконтроля.

Таблица 6 - Примерный тематический план лабораторных занятий по разделам дисциплины

4. 4 Лабораторный практикум. Примерный тематический план лабораторных занятий по разделам учебного курса										
Номер			Тема лабораторной работы	Трудоемкость ЛР, час.	Связь с ВАРС			Используемые интерактивные формы		
раздела *	лабораторного занятия	лабораторной работы (ЛР)			Предусмотрена самоподготовка к занятию +/-	Защита отчёта о ЛР во внеаудиторное время +/-				
							очная форма		заочная форма	
									2 курсы	3 курсы
1	2	3	4	5	6		7	8	9	
1	1	1	Трение скольжения, трение качения. Равновесие тел с учётом трения.	2	-	-	+	+	Работа в малых группах	
1	2	2,3	Сложное движение точки. Теоремы сложения скоростей и ускорений точки	2	-	-	+	+	Работа в малых группах	
2	3	4	Плоское движение твёрдого тела. Определение скоростей и ускорений звеньев механизма и его точек	2	-	-	+	+	Работа в малых групп- пах	
2	4	5	Моменты инерции. Моменты инерции простейших твёрдых тел. Дифференциальное уравнение вращательного движения твёрдого тела.	2	-	-	+	+	Работа в малых групп- пах	
3	5	10	Определение динамических реакций подшипников при вращении твёрдого тела вокруг неподвижной оси	2	-	-	+	+	Работа в малых групп- пах	
3	6	8	Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщённых координатах или уравнения Лагранжа второго рода	1	-	2	+	+	Работа в малых групп- пах	
3			Явление удара. Коэффициент восстановления при ударе. Теорема об изменении кинетического момента механической системы при ударе	1	-	-	+	+	Работа в малых групп- пах	
Итого ЛР		7	Общая трудоёмкость ЛР	12		2	х			
Условные обозначения: ОСП – предусмотрена обязательная самоподготовка к занятию; УЗ СРС - на занятии выдаётся задание на конкретную ВАРС; ПР СРС – занятие содержательно базируется на результатах выполнения студентами конкретной ВАРС; ...										
Примечания: - материально-техническое обеспечение практических занятий – см. Приложение 6 - обеспечение практических занятий учебной, учебно-методической литературой и иными библиотечно-информационными ресурсами и средствами обеспечения образовательного процесса – см. Приложения 1 и 2										

Критерии оценивания самоподготовки по темам лабораторных занятий

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся оформил конспект на основе самостоятельно выполненных расчётов, смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся неаккуратно или не оформил вообще отчетный материал в виде конспекта и самостоятельно выполненных расчетов на основе изученного материала, не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.

6. Общие методические рекомендации по изучению отдельных разделов дисциплины

При изучении конкретного раздела дисциплины, из числа вынесенных на лекционные и практические занятия, обучающемуся следует учитывать изложенные ниже рекомендации. Обратите на них особое внимание при подготовке к аттестации.

Работа по теме прежде всего предполагает ее изучение по учебнику или пособию. Следует обратить внимание на то, что в любой теории, есть либо неубедительные, либо чересчур абстрактные, либо сомнительные положения. Поэтому необходимо вырабатывать самостоятельные суждения, дополняя их аргументацией, что и следует демонстрировать на семинарах. Для выработки самостоятельного суждения важным является умение работать с научной литературой. Поэтому работа по теме кроме ее изучения по учебнику, пособию предполагает также поиск по теме научных статей в научных журналах. Выбор статьи, относящейся к теме, лучше делать по последним в году номерам, где приводится перечень статей, опубликованных за год.

Самостоятельная подготовка предполагает использование ряда методов.

1. Конспектирование. Конспектирование позволяет выделить главное в изучаемом материале и выразить свое отношение к рассматриваемой автором проблеме.

Техника записей в конспекте индивидуальна, но есть ряд правил, которые могут принести пользу его составителю: начиная конспект, следует записать автора изучаемого произведения, его название, источник, где оно опубликовано, год издания. Порядок конспектирования:

- а) внимательное чтение текста;
- б) поиск в тексте ответов на поставленные в изучаемой теме вопросы;
- в) краткое, но четкое и понятное изложение текста;
- г) выделение в записи наиболее значимых мест;
- д) запись на полях возникающих вопросов, понятий, категорий и своих мыслей.

2. Записи в форме тезисов, планов, аннотаций, формулировок определений. Все перечисленные формы помогают быстрой ориентации в подготовленном материале, подборе аргументов в пользу или против какого-либо утверждения.

3. Словарь понятий и категорий. Составление словаря помогает быстрее осваивать новые понятия и категории, увереннее ими оперировать. Подобный словарь следует вести четко, разборчиво, чтобы удобно было им пользоваться. Из приведенного в УМК глоссария нужно к каждому семинару выбирать понятия, относящиеся к изучаемой теме, объединять их логической схемой в соответствии с вопросами семинарского занятия.

РАЗДЕЛ 1. СТАТИКА

Тема 1

Основные понятия и законы теоретической механики. Предмет статики

Пространство, время и системы отсчета в теоретической механике. Материальная точка, материальная система и абсолютно твердое тело. Понятие силы и массы. Основные начала теоретической механики. Размерность механических величин. Элементарная статика. Аксиомы статики. Несвободное твердое тело. Связи. Реакции связей.

Тема 2

Равновесие системы сходящихся сил

Цель занятия: приобретение навыков решения задач на равновесие системы сходящихся сил.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из области математики: правила действия над векторами; правила построения векторных многоугольников; проектирование векторов на оси и плоскости. Необходимо также повторить вопросы из раздела статика: аксиомы и основные понятия статики; принцип освобождаемости от связей; виды связей; правила определения направления реакций связей; условия равновесия в аналитической и геометрической формах.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Сформулируйте аксиомы статики.
- 2) Какая система сил называется сходящейся?
- 3) Запишите условия равновесия системы сходящихся сил.
- 4) Сформулируйте теорему о равновесии трех непараллельных сил.
- 5) Что такое статически определимая и статически неопределимая система?

Требования к знаниям

- 1) Давать четкие формулировки законов и основных понятий теоретической механики.
- 2) Знать содержание и особенности решения основной задачи статики.
- 3) Уметь составлять уравнения равновесия сходящейся системы сил.
- 4) Уметь строить векторные многоугольники.

Методические рекомендации к решению задач

- 1) Записать условие задачи.
- 2) Выделить объект, равновесие которого необходимо рассмотреть для отыскания неизвестных величин. Объектом равновесия может быть материальная точка, абсолютно твердое тело или система абсолютно твердых тел.
- 3) Изобразить рассматриваемый объект и все действующие на него активные силы – как заданные, так и те, которые требуется определить.
- 4) Выявить наложенные на объект связи.
- 5) В соответствии с принципом освобождаемости от связей отбросить связи и заменить их действие на тело соответствующими реакциями, приложенными к объекту равновесия.
- 6) Определить направления реакций связей.
- 7) Установить, какая система сил действует на данный объект и сделать выводы, является ли задача статически определимой.
- 8) Выбрать систему координат (если она необходима и не задана).
- 9) По условиям равновесия составить уравнения равновесия сил, приложенных к объекту. Решить ее и определить неизвестные величины.
- 10) Провести анализ полученных результатов.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 2.18, 2.19, 2.23, 2.24, 2.26, 2.27, 2.30, 2.33.

Тема 3

Равновесие твердого тела под действием произвольной плоской системы сил

Цель занятия: приобретение навыков решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из области математики: правила действия над векторами; правила построения векторных многоугольников; проецирование векторов на оси и плоскости. Необходимо также повторить вопросы из раздела статика: основные виды связей; правила определения направления реакций связей; момент силы относительно неподвижного центра; теорема Вариньона о моменте равнодействующей; пары сил и их свойства; определение равнодействующей системы распределенных сил.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что такое произвольная плоская система сил?
- 2) Что называется моментом силы?
- 3) Сформулируйте теорему Вариньона о моменте равнодействующей.
- 4) Напишите выражения для главного вектора и главного момента произвольной плоской системы сил.
- 5) Почему у плоской системы сил главный вектор и главный момент всегда перпендикулярны друг к другу?
- 6) Что называется парой сил?
- 7) Какими свойствами обладают пары сил?
- 8) Почему для плоской системы сил нет необходимости придавать векторный смысл моменту силы и моменту пары сил?
- 9) В чем состоят необходимые и достаточные условия равновесия произвольной плоской системы сил?
- 10) Каково число независимых уравнений равновесия для произвольной плоской системы сил?
- 11) Напишите три формы уравнений равновесия плоской системы сил.

Требования к знаниям

- 1) Знать содержание и особенности решения основной задачи статики.
- 2) Знать аксиомы статики и следствия из них.
- 3) Правильно формулировать и применять необходимые и достаточные условия равновесия произвольной плоской системы сил.
- 4) Знать теорему Вариньона (теорема о моменте равнодействующей).

Методические рекомендации к решению задач

Задачи на равновесие твердого тела, находящегося под действием плоской системы сил, можно условно разбить на три основных типа:

- 1) Задачи на равновесие плоской системы параллельных сил.
- 2) Задачи на равновесие плоской системы сил, расположенных произвольно.
- 3) Задачи на равновесие твердого тела, которое может опрокидываться.
- 4) Процесс решения задач первого и второго типа сводится к следующим операциям:
- 5) Выбрать объект равновесия, т.е. тело, к которому как заданные силы, так и силы, которые требуется определить в данной задаче.
- 6) Изобразить на рисунке все заданные (активные) силы, действующие на объект равновесия; если в число активных сил входят распределенные по тому или иному закону нагрузки, то на рисунке нужно заменить их предварительно найденными равнодействующими.

- 7) Выбрать декартову систему координат; при этом рекомендуется одну из координатных осей проводить перпендикулярно возможно большему числу неизвестных сил.
- 8) Выявить все наложенные на объект равновесия связи и, применив принцип освобожденности от связей, приложить к нему реакции связей.
- 9) Установить, какая система сил действует на объект равновесия, выяснить число неизвестных величин и убедиться, что задача статически определимая.
- 10) Составить уравнения равновесия для полученной системы сил; при этом рекомендуется за центр, относительно которого вычисляются моменты сил, брать точку, в которой пересекается наибольшее число линий действия неизвестных сил.
- 11) Решить систему полученных уравнений, определить неизвестные величины и провести анализ полученных результатов.

Если на тело наряду с силами действуют и пары сил, лежащие в одной плоскости с действующими силами, то при составлении уравнений равновесия в уравнения проекций сил на оси пары не войдут, так как сумма проекций сил пары на любую ось равна нулю. В уравнениях же моментов к моментам сил прибавится алгебраическая сумма моментов пар сил, так как сумма моментов сил пары относительно любого центра равна моменту пары.

При решении некоторых задач следует учитывать трение качения. Наибольшее значение момента трения качения определяется по формуле

$$M = \delta N,$$

где δ – коэффициент трения качения, N – модуль нормального давления.

В тех случаях, когда по условию задачи требуется определить давление тела на опоры, нужно найти равные по модулю этим давлениям соответствующие реакции связей, а затем направить искомые давления противоположно найденным реакциям.

Процесс решения задач третьего типа сводится к следующим операциям:

- 1) Выделить твердое тело, возможность опрокидывания которого проверяется.
- 2) Изобразить на рисунке все заданные силы, действующие на тело.
- 3) Определить опору, относительно которой может произойти опрокидывание тела.
- 4) Составить уравнение моментов заданных сил относительно этой опоры.
- 5) Решив уравнение, определить искомую величину (предельную силу или предельный размер).

Задачи этого типа решаются в предположении, что твердое тело начинает отрываться от одной из опор. Поэтому реакцию этой опоры учитывать не следует. Тогда при равновесии тела реакция оставшейся опоры должна уравновешиваться равнодействующей заданных сил. Это означает, что линия действия равнодействующей заданных сил проходит через оставшуюся опору и, следовательно, момент равнодействующей относительно точки опоры равен нулю.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 4.1, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.13, 4.14, 4.15, 4.18, 4.20, 4.22, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31.

Тема 4

Равновесие системы твердых тел под действием произвольной плоской системы сил

Цель занятия: отработка навыков решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из области математики: правила действия над векторами; проецирование векторов на оси. Необходимо также повторить вопросы из раздела статика: основные виды связей; правила определения направления реакций связей; момент силы относительно неподвижного центра; пары сил и их свойства; определение равнодействующей системы распределенных сил.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что такое произвольная плоская система сил?
- 2) Что называется моментом силы?
- 3) Как вычисляется алгебраический момент силы относительно точки на плоскости?
- 4) Что называется парой сил?
- 5) Какими свойствами обладают пары сил?
- 6) Каково число независимых уравнений равновесия для произвольной плоской системы сил?
- 7) В чем смысл третьего закона Ньютона?
- 8) По какому принципу определяются направления реакций связей?
- 9) Что такое система тел?
- 10) Какие силы по отношению к системе тел являются внешними, какие – внутренними?
- 11) Сформулируйте аксиому отверждения.

Требования к знаниям

- 1) Четко формулировать основную задачу статики и методы ее решения.
- 2) Знать аксиомы статики и следствия из них.
- 3) Правильно формулировать и применять необходимые и достаточные уравнения равновесия произвольной плоской системы сил.
- 4) Иметь правильное понятие о статически определимых и статически неопределимых системах.

Методические рекомендации к решению задач

Процесс решения таких задач, в которых система тел благодаря наложенным на них связям находится в состоянии равновесия, и для нее требуется определить реакции связей, а иногда и некоторые внутренние силы взаимодействия между телами, сводится к следующим операциям:

- 1) Записать условие задачи.
- 2) Изобразить схематически систему тел.
- 3) Изобразить на рисунке все заданные (активные) силы, действующие на объект равновесия; если в число активных сил входят распределенные по тому или иному закону нагрузки, то на рисунке нужно заменить их предварительно найденными равнодействующими.
- 4) Выбрать декартову систему координат; при этом рекомендуется одну из координатных осей проводить перпендикулярно возможно большему числу неизвестных сил.
- 5) Составить уравнения равновесия системы тел в целом под действием активных сил и сил реакций связей (без учета внутренних сил).
- 6) Для нахождения внутренних сил расчленить систему тел на отдельные части (элементы).
- 7) Составить уравнения равновесия для одного или нескольких тел, приложив к ним внутренние силы со стороны отброшенных частей (элементов).
- 8) Выяснить, является ли задача статически определимой.
- 9) Из полученных уравнений равновесия определить реакции связей и неизвестные внутренние силы.

Задачу можно также решать путем выделения в качестве объектов равновесия только отдельных тел (элементов) системы, не рассматривая их в совокупности как единое целое.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.70, 4.71.

Тема 5

Равновесие твердого тела под действием произвольной плоской системы сил при наличии трения

Цель занятия: отработка навыков решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил с трением.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить методику составления уравнений равновесия. Необходимо также повторить вопросы из раздела статика: основные виды связей; правила определения направления реакций связей; момент силы относительно неподвижного центра; пары сил и их свойства; понятие о сухом трении; закон Амонтона - Кулона для трения.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Дайте определение силы трения скольжения.
- 2) Сформулируйте закон Амонтона – Кулона.
- 3) В чем различие между сухим и вязким трением?
- 4) Сформулируйте правило определения направления силы трения.
- 5) Дайте определение угла трения и конуса трения.
- 6) Что такое самоторможение?
- 7) Сформулируйте определение момента трения качения.

Требования к знаниям

- 1) Правильно формулировать законы трения.
- 2) Знать правила определения величины и направления сил трения.
- 3) Правильно определять статическую определимость систем с трением.

Методические рекомендации к решению задач

При решении задач на равновесие при наличии трения используется методика, изложенная в Теме 4. Особенностью решения задач с учетом трения является то, что в реакции связей, наложенных на тело, должны быть включены и силы трения, которые по модулю не могут превышать некоторого предельного значения. Всякая сила трения вызывается другой активной силой. Следовательно, направление силы трения таково, что действие силы трения противоположно действию той активной силы, которая вызывает силу трения.

Если система находится в состоянии предельного равновесия, то силы трения определяются нормальными реакциями и коэффициентами трения.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 5.7, 5.8, 5.9, 5.11, 5.21, 5.22, 5.24, 5.28, 5.29, 5.39, 5.40.

Тема 6

Равновесие твердого тела под действием произвольной пространственной системы сил

Цель занятия: отработка навыков решения задач на равновесие произвольной пространственной системы сил.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из математики: правила действий над векторами; векторное произведение; проецирование векторов на оси и плоскости. Необходимо также повторить вопросы из раздела статика: основные виды связей; правила определения направления реакций связей; момент силы относительно точки в пространстве; алгебраический момент силы относительно оси; необходимые и достаточные уравнения равновесия произвольной пространственной системы сил.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Сформулируйте лемму о параллельном переносе силы.
- 2) Что такое момент силы относительно точки в пространстве?
- 3) В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
- 4) Дайте определение главного вектора и главного момента системы сил.
- 5) Напишите аналитические выражения для главного вектора и главного момента
- 6) Как зависят главный вектор и главный момент от перемены центра приведения?
- 7) Сформулируйте основную теорему статки.
- 8) Чему равно число независимых уравнений равновесия для произвольной системы сил?

Требования к знаниям

- 1) Правильно формулировать аксиомы статки
- 2) Знать теорему о приведении системы сил к простейшему виду.
- 3) Знать теорему Вариньона (теорема о моменте равнодействующей).
- 4) Знать правила определения величины и направления момента силы относительно точки в пространстве.
- 5) Правильно определять момент силы относительно оси
- 6) Правильно формулировать и применять необходимые и достаточные условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Методические рекомендации к решению задач

- 1) Записать условие задачи.
- 2) Выделить объект равновесия, то есть тело, равновесие которого следует рассматривать для нахождения реакций опор.
- 3) Выявить и изобразить на рисунке все действующие на тело активные силы.
- 4) Установить наложенные на тело связи.
- 5) Ввести систему декартовых координат, если это необходимо для решения задачи.
- 6) Освободить тело от связей и действия этих связей заменить реакциями связей.
- 7) Написать для выявленной системы сил уравнения равновесия, в которые войдут три уравнения проекций сил на координатные оси и три уравнения моментов относительно осей.
- 8) Выяснить, является ли система статически определимой.
- 9) Найти из уравнений равновесия реакции опор.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 8.7, 8.12, 8.13, 8.14, 8.15, 8.16, 8.17, 8.18, 8.19, 8.20, 8.21, 8.22, 8.23, 8.24, 8.25, 8.27, 8.28, 8.29, 8.36.

Тема 7

Центр тяжести твердого тела

Цель занятия: отработка навыков решения задач на определение положения центров тяжести твердых тел.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из математики: интегрирование функций, кратные интегралы, криволинейные интегралы. Необходимо также повторить вопросы из раздела статика: сложение параллельных сил.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) К каким частным случаям приводится система параллельных сил?
- 2) Напишите векторную и скалярные формулы расчета центра параллельных сил.
- 3) Напишите векторную и скалярные (приближенные и точные) формулы расчета центра тяжести твердого тела.
- 4) Что называется статическим моментом площади плоской фигуры относительно оси, как он вычисляется и какую размерность имеет?
- 5) В чем состоит метод разбиения на части при расчете центра тяжести твердого тела?
- 6) В чем состоит метод отрицательных площадей (объемов) при расчете центра тяжести твердого тела?
- 7) Какова роль симметрии твердых тел при определении их центра тяжести?
- 8) Сформулируйте и докажите теоремы Паппа – Гульдена.

Требования к знаниям

- 1) Знать формулы, по которым определяется положение центра тяжести однородного твердого тела.
- 2) Знать формулы, с помощью которых можно рассчитать положение центров тяжести некоторых твердых тел простейшей геометрической формы (однородного прямоугольника, однород-

ного треугольника, дуги однородной окружности, площади однородного кругового сектора, однородной призмы, однородной пирамиды, однородного кругового конуса).

- 3) Знать методы определения центров тяжести твердых тел (разбиения на части, отрицательных объемов, отрицательных площадей).

Методические рекомендации к решению задач

Задачи, связанные с определением положения центра тяжести можно разделить на четыре группы:

- 1) Задачи на определение общего центра тяжести нескольких тел, веса и положения центров тяжести которых известны.
- 2) Задачи на определение центра тяжести однородного контура.
- 3) Задачи на определение центра тяжести площади плоской фигуры (однородной тонкой плоской пластинки).
- 4) Задачи на определение центра тяжести объема (однородного твердого тела).

Если данное тело имеет плоскость или ось, или центр симметрии, то центр тяжести такого тела лежит соответственно в этой плоскости, на этой оси или в этом центре симметрии. Поэтому для упрощения вычислений при решении задач плоскость симметрии всегда нужно выбирать за одну из координатных плоскостей, а ось симметрии – за одну из координатных осей.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 9.10, 9.11, 9.12, 9.13, 9.14, 9.20.

РАЗДЕЛ 2. КИНЕМАТИКА

Тема 1

Кинематика точки

Цель занятия: отработка навыков решения задач на составление уравнений движения точки в параметрической форме и определение кинематических характеристик движения точки.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из математики: проецирование векторов на ось, плоскость, правила дифференцирования векторных функций скалярного аргумента, дифференцирование сложных функций. Необходимо также повторить перед занятием следующие вопросы из раздела кинематика: способы задания движения точки, основная задача кинематики точки, кинематические характеристики движения точки, понятие кривизны и радиуса кривизны кривой.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Какие существуют способы задания движения точки?
- 2) Как определяются величина и направление скорости точки в декартовой системе координат?
- 3) Как определяются величина и направление ускорения точки в декартовой системе координат?
- 4) На какие составляющие раскладывается скорость точки в полярной системе координат и как находятся их значения?
- 5) На какие составляющие раскладывается ускорение точки в полярной системе координат и как находятся их значения?
- 6) Напишите формулу для определения нормального ускорения точки и укажите, в каких случаях оно равно нулю.
- 7) Напишите формулу для определения касательного (тангенциального) ускорения точки и укажите, в каких случаях оно равно нулю.
- 8) Можно ли утверждать в общем случае, что в те моменты, когда скорость точки равна нулю, ее ускорение также обязательно имеет нулевое значение?

Требования к знаниям

- 1) Правильно формулировать теоремы кинематики.
- 2) Знать алгоритмы определения величины и направления скоростей и ускорений точки.
- 3) Производить кинематический расчет простых механизмов.

Методические рекомендации к решению задач

Задачи по кинематике точки могут предполагать:

- 1) Составление кинематических уравнений движения точки.
- 2) Определение по заданным кинематическим уравнениям движения точки ее траектории, положения точки, скорости, ускорения и радиуса кривизны траектории.
- 3) Переход от уравнений движения точки в декартовых координатах к полярным или к естественному способу задания движения.
- 4) Определение по некоторым заданным кинематическим параметрам движения точки других ее параметров.
- 5) Задачи решаются в такой последовательности:
- 6) Выбирается неподвижная система координат - декартовая, полярная или какая-либо иная; начало координат и та или иная система координат выбираются, исходя из условий задачи, так, чтобы решение задачи было возможно более простым.
- 7) Составляются кинематические уравнения движения точки, если они не заданы.
- 8) По известным соотношениям кинематики находятся все величины, требуемые по условию задачи.

9) Изображается траектория движения, вектора скорости и ускорения точки.

Методика задач четвертого типа существенно зависит от исходных условий. В ряде случаев, когда уравнения движения точки не заданы и в качестве исходных данных приводятся скорости или ускорения точки, необходимые для ответа на поставленные вопросы соотношения находят путем интегрирования дифференциальных зависимостей между кинематическими величинами. Появляющиеся при этом постоянные интегрирования определяют по начальным условиям.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 10.2, 10.4, 10.5, 10.12, 10.13, 10.14, 11.4, 11.5, 11.6, 12.1, 12.4, 12.6, 12.7, 12.8, 12.9, 12.12, 12.13, 12.18, 12.19, 12.21, 12.27.

Тема 2

Простейшие движения твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси и преобразование простейших движений твердых тел

Цель занятия: отработка навыков решения задач на вращение твердых тел вокруг неподвижной оси и преобразование простейших движений твердых тел.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из математики: дифференцирование и интегрирование функций. Необходимо также повторить перед изучением данной темы следующие вопросы из раздела кинематика: кинематические характеристики движения точки, понятие кривизны и радиуса кривизны кривой, нахождение скорости и ускорения при естественном способе задания движения.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Сформулируйте и докажите теорему о проекциях скоростей двух точек твердого тела на линию, соединяющую эти точки.
- 2) Дайте определение поступательного движения твердого тела.
- 3) Каким свойством обладают скорости точек твердого тела при поступательном движении?
- 4) Дайте определение вращательного движения твердого тела. Что является уравнением вращательного движения твердого тела?
- 5) Дайте определения понятий угловой скорости и углового ускорения твердого тела при его вращательном движении вокруг неподвижной оси. Единицы измерения угловой скорости и углового ускорения.
- 6) Как направлены векторы угловой скорости и углового ускорения при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси?
- 7) Выведите формулы модулей скорости и ускорения при вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси.
- 8) Напишите векторные формулы расчета скорости точки тела, ее касательного, нормального и полного ускорений при вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси.
- 9) Что представляет собой передаточное число передачи?

Требования к знаниям

- 1) Правильно формулировать теоремы кинематики для тел, совершающих простейшие движения.
- 2) Знать методы определения величины и направления скоростей и ускорений точек твердого тела, находящихся на некотором расстоянии от оси вращения.
- 3) Производить кинематический расчет передаточных механизмов.

Методические рекомендации к решению задач

При решении задач на вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси встречаются задачи двух основных типов.

Первый тип задач – дано уравнение вращательного движения твердого тела, требуется определить угловую скорость, угловое ускорение, скорость и ускорение точки твердого тела.

Алгоритм решения такого рода задач следующий:

- 1) Выбираем систему координат так, чтобы одна из осей совпадала с осью вращения.
- 2) Составляем уравнение вращения твердого тела (зависимость угла поворота от времени).
- 3) Дифференцируя по времени угол поворота, определяем проекцию угловой скорости на ось вращения.
- 4) Вычисляя вторую производную от угла поворота по времени, определяем проекцию углового ускорения на ось вращения.
- 5) Пользуясь выражением проекции угловой скорости на ось вращения, вычисляем скорость точки и ее нормальное ускорение.
- 6) Пользуясь выражением проекции углового ускорения на ось вращения, определяем касательное ускорение точки
- 7) Используя найденные нормальное и касательное ускорения, находим полное ускорение точки по величине и направлению.

Второй тип задач – задано угловое ускорение или угловая скорость твердого тела; требуется найти уравнение вращательного движения, скорость и ускорение точки твердого тела.

В этом случае алгоритм решения задач следующий:

- 1) Интегрируя дифференциальное уравнение, определяющее проекцию углового ускорения на ось вращения, находим проекцию угловой скорости, произвольную постоянную интегрирования определяем по начальным данным.
- 2) Интегрируя дифференциальное уравнение, определяющее проекцию угловой скорости на ось вращения, находим уравнение вращательного движения твердого тела, произвольную постоянную интегрирования определяем по начальным данным.
- 3) Пользуясь выражением проекции угловой скорости на ось вращения, вычисляем величину скорости и нормального ускорения точки.
- 4) Определяем величину касательного ускорения точки, зная проекцию углового ускорения на ось вращения, и далее находим полное ускорение точки.

Задачи на преобразование простейших движений предполагают следующую последовательность действий:

- 1) Исходя из условия задачи, надо выписать уравнение движения или другие кинематические соотношения для того твердого тела, движение которого известно.
- 2) Пользуясь формулами кинематики точки и кинематики вращения твердого тела вокруг неподвижной оси, найти уравнение движения другого твердого тела, которому передается движение, а также найти скорости и ускорения различных точек этого тела.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 13.1, 13.2, 13.4, 13.5, 13.6, 13.7, 13.8, 13.13, 13.14, 13.15, 13.17, 13.18, 13.19, 14.1, 14.2, 14.3, 14.4, 14.5, 14.6, 14.7.

Тема 3

Определение скоростей точек при плоскопараллельном движении

Цель занятия: отработка навыков решения задач на определение скоростей точек при плоскопараллельном движении твердого тела.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из математики: проецирование векторов на ось, правила дифференцирования векторных функций скалярного аргумента. Необходимо также повторить перед занятием следующие вопросы из раздела кинематика: способы задания движения точки, основная задача кинематики точки, кинематические характеристики движения точки

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Какое движение тела называется плоскопараллельным (плоским)?
- 2) Как определить скорость точки плоской фигуры по формуле распределения скоростей?
- 3) Что называется мгновенным центром скоростей? Каковы способы его нахождения?
- 4) Как определить скорость точки плоской фигуры при помощи мгновенного центра скоростей?
- 5) Сформулируйте и докажите теорему о скоростях точек твердого тела при плоском его движении.

Требования к знаниям

- 1) Четко формулировать основные положения кинематики твердого тела.
- 2) Иметь четкое представление о сложении и разложении движений.
- 3) Иметь представление о классификации движений твердого тела.
- 4) Владеть методикой расчета кинематики простых механизмов.

Методические рекомендации к решению задач

Задачи, относящиеся к данной теме, можно разбить на два типа.

Первый тип - это задачи на составление уравнений плоского движения и с их помощью определение скоростей точек плоской фигуры для произвольного момента времени, то есть как функции времени.

В задачах этого типа определяются координаты той точки, скорость которой подлежит найти. Затем по формулам кинематики точки определяется ее скорость.

Второй тип задач – это задачи на определение различных кинематических параметров при плоском движении тела для фиксированного момента времени.

При решении таких задач рекомендуется следующая последовательность действий:

- 1) Записать условие задачи.
- 2) Изобразить кинематическую схему исследуемого механизма.
- 3) Пронумеровать звенья механизма.
- 4) Произвести анализ движения всех звеньев механизма.
- 5) Указать на схеме направление движения каждого звена. Для звеньев, движущихся поступательно указать направление скорости, для вращающихся звеньев указать направление вращения, для звеньев, совершающих плоскопараллельное движение, указать направление мгновенного вращения.
- 6) Выбрать метод решения.
- 7) Записать необходимые теоремы и соотношения в общем виде.
- 8) Записать указанные теоремы и соотношения в применении к данному механизму.

- 9) Произвести необходимые геометрические построения.
- 10) Найти все величины, требуемые по условию задачи.
- 11) Записать ответ.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 16.11, 16.16, 16.17, 16.18, 16.22, 16.24, 16.25, 16.28, 16.29, 16.30, 16.31, 16.32, 16.33, 16.34, 16.35, 16.37, 16.38, 16.39.

Тема 4

Определение ускорений точек при плоскопараллельном движении

Цель занятия: отработка навыков решения задач на определение ускорений точек при плоскопараллельном движении твердого тела.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из математики: проецирование векторов на ось, правила дифференцирования векторных функций скалярного аргумента. Необходимо также повторить перед изучением данной темы следующие вопросы из раздела кинематика: способы задания движения точки, основная задача кинематики твердого тела, понятия о видах движения твердого тела, основные типы задач на плоское движение твердого тела.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Как определить ускорение точки плоской фигуры по формуле распределения ускорений?
- 2) Что называется мгновенным центром ускорений? Как его определить?
- 3) Как определить ускорение точки плоской фигуры при помощи мгновенного центра ускорений?
- 4) Может ли мгновенный центр ускорений совпадать с мгновенным центром скоростей?
- 5) Как производят определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоских механизмов?

Требования к знаниям

- 1) Четко формулировать основные положения кинематики твердого тела.
- 2) Иметь четкое представление о сложении и разложении движений.
- 3) Иметь представление о классификации движений твердого тела.
- 4) Владеть методикой расчета кинематики простых механизмов.

Методические рекомендации к решению задач

Задачи, относящиеся к данной теме, можно разбить на два типа.

Первый тип - это задачи на составление уравнений плоского движения и с их помощью определение ускорений точек плоской фигуры для произвольного момента времени, то есть как функции времени.

В задачах этого типа определяются координаты той точки, скорость которой подлежит найти. Затем по формулам кинематики точки определяется ее скорость.

Второй тип задач – это задачи на определение различных кинематических параметров при плоском движении тела для фиксированного момента времени.

При решении таких задач рекомендуется следующая последовательность действий:

Записать условие задачи.

- 1) Изобразить кинематическую схему исследуемого механизма.
- 2) Пронумеровать звенья механизма.
- 3) Произвести анализ движения всех звеньев механизма.
- 4) Указать на схеме направление движения каждого звена. Для звеньев, движущихся поступательно указать направление скорости, для вращающихся звеньев указать направление вращения, для звеньев, совершающих плоскопараллельное движение, указать направление мгновенного вращения.
- 5) Выбрать звено, угловое ускорение которого можно определить в первую очередь.
- 6) Выбрать метод решения задачи.
- 7) Определить ускорение ближайшей точки, в которой ведущее звено соединяется со следующим звеном.
- 8) Записать необходимые теоремы и соотношения в общем виде.
- 9) Записать указанные теоремы и соотношения в применении к данному механизму.
- 10) Записать указанные теоремы и соотношения в применении к данному механизму.
- 11) Произвести все необходимые дополнительные построения.
- 12) Найти мгновенный центр ускорений, найти ускорение заданной точки
- 13) Определить величину и знак углового ускорения рассматриваемого звена.
- 14) Найти ускорение точки, в которой рассматриваемое звено соединяется со следующим звеном.
- 15) По изложенной выше методике определить угловое ускорение следующего звена.
- 16) Найти все величины, требуемые по условию задачи, проанализировать полученные результаты.
- 17) Записать ответ.

Замечание: угловое ускорение любого звена и ускорение любой точки можно найти и без мгновенного центра ускорений (пункт 12). Но мгновенный центр ускорений позволяет найти общие и в некоторых случаях очень интересные закономерности в распределении ускорений различных точек.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 18.1, 18.2, 18.10, 18.11, 18.13, 18.14, 18.15, 18.16, 18.18, 18.21, 18.22, 18.23, 18.25, 18.26, 18.27, 18.28, 18.37, 18.38, 18.39, 18.40, 18.41.

Тема 5

Вращение твердого тела вокруг неподвижной точки (Сферическое движение)

Цель занятия: отработка навыков решения задач на определение угловой скорости и ускорения твердого тела при сферическом движении твердого тела; скоростей и ускорений точек при сферическом движении твердого тела.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Дайте определение сферического движения твердого тела.
- 2) На какие виды движений раскладывается сферическое движение твердого тела?
- 3) Поясните углы Эйлера и напишите уравнения сферического движения тела.
- 4) Напишите выражения угловых скоростей прецессии, нутации и чистого вращения, а также векторную формулу мгновенной угловой скорости.
- 5) Приведите формулу для расчета модуля мгновенной угловой скорости, исходя из угловых скоростей прецессии, нутации и чистого вращения, и поясните ее вывод.
- 6) Приведите выражения для расчета проекций мгновенной угловой скорости, исходя из угловых скоростей прецессии, нутации и чистого вращения, на оси подвижной и неподвижной систем координат.
- 7) Напишите формулу мгновенного углового ускорения и формулу его разложения по осям подвижной и неподвижной систем координат.
- 8) Что называется мгновенной осью вращения?
- 9) Что такое подвижный и неподвижный аксоиды?
- 10) Приведите векторную и скалярную формулы скорости точки тела при сферическом его движении.
- 11) Выпишите формулы разложения скорости точки по направлениям осей подвижной и неподвижной систем координат.
- 12) Приведите векторную и скалярную формулы ускорения точки тела при сферическом его движении.
- 13) В чем различия между касательным и вращательным, а также нормальным и осестремительным ускорениями?
- 14) Выпишите формулы разложения вращательного и осестремительного ускорений на оси подвижной и неподвижной систем координат.

Требования к знаниям

- 1) Иметь четкое представление о видах движения твердого тела.
- 2) Уметь правильно определять положение твердого тела с неподвижной точкой.
- 3) Уметь находить угловую скорость и угловое ускорение твердого тела при сферическом его движении.
- 4) Уметь находить скорость и ускорение точки твердого тела при сферическом его движении.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 24.26, 24.26, 24.28,

Тема 6

Сложное движение точки

Цель занятия: отработка навыков решения задач при сложном движении точки.

Необходимо повторить перед занятием следующие вопросы из раздела кинематика: способы задания движения точки, основная задача кинематики точки, кинематические характеристики движения точки, понятие кривизны и радиуса кривизны кривой, определение угловой скорости и углового ускорения твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, определение скоростей и ускорений точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что такое сложное движение точки?
- 2) Дайте определение относительного и абсолютного движений точки.
- 3) Что такое переносное движение?
- 4) Как определить относительную скорость и относительное ускорение точки?
- 5) Как определить переносную скорость и переносное ускорение точки?
- 6) Напишите формулу сложения скоростей.

- 7) Напишите формулу сложения ускорений.
- 8) каковы причины появления кориолисова ускорения?
- 9) Чему равно ускорение Кориолиса и в каких случаях оно равно нулю?
- 10) В чем состоит правило Жуковского?

Требования к знаниям

2. Грамотно формулировать законы кинематики.
3. Иметь четкое представление о сложении и разложении движений.
4. Знать правила определения величины и направления скоростей и ускорений.

Методические рекомендации к решению задач

Решение задач по данной теме предполагает использование теорем о сложении скоростей и ускорений при сложном движении точки.

Пользуясь теоремой о сложении скоростей можно решать следующие типы задач:

- 1) Известны две стороны треугольника скоростей по величине и направлению, соответствующие, например, абсолютной и переносной скоростям точки; требуется определить третью сторону треугольника, соответствующую относительной скорости точки.
- 2) Известна одна сторона треугольника по величине и направлению, соответствующая, например, абсолютной скорости точки, а также направления двух других сторон. Определить величины переносной и относительной скоростей.

Пользуясь теоремой о сложении ускорений можно решать следующие типы задач:

- 1) Известно относительное и переносное движения точки. Необходимо определить абсолютное ускорение точки.
- 2) Известно абсолютное и переносное движения точки. Необходимо определить относительное ускорение точки.

Решение задач на сложное движение точки предполагает следующую последовательность действий:

- 1) Выявление характера сложного движения точки.
- 2) Определение переносной скорости или переносного ускорения точки (мысленно отвлекаясь от относительного движения).
- 3) Определение относительной скорости или относительного ускорения точки (мысленно остановив переносное движение).
- 4) Применение теоремы о сложении скоростей.
- 5) Применение теоремы о сложении ускорений.
- 6) Произвести все дополнительные геометрические построения.
- 7) Найти все величины, требуемые по условию задачи.
- 8) Записать ответ.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 22.25, 23.5, 23.7, 23.8, 23.9, 23.17, 23.26, 23.27, 23.28, 23.29, 23.31, 23.35, 23.36, 23.37, 23.38, 23.41, 23.43, 23.44, 23.45, 23.46, 23.47, 23.48, 23.49, 23.50, 23.51, 23.60.

РАЗДЕЛ 3. ДИНАМИКА

Динамика материальной точки

Тема 1

Дифференциальные уравнения движения материальной точки

Цель занятия: приобретение практических навыков составления и интегрирования дифференциальных уравнений движения свободной и несвободной материальной точки.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из курса математики: основные правила дифференцирования скалярных и векторных функций скалярного аргумента одной переменной, определенные и неопределенные интегралы, дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и их интегрирование, линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами (однородные и неоднородные), и их интегрирование. Задача Коши в теории дифференциальных уравнений.

Следует повторить следующие вопросы из раздела кинематика: способы задания движения материальной точки, определение скорости и ускорения точки при векторном, координатном способах и естественном способах задания движения точки, естественные оси, естественный трехгранник.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Напишите в векторном виде основное уравнение динамики точки. Сформулируйте законы Ньютона.
- 2) Какая система отсчета называется инерциальной?
- 3) От каких переменных могут зависеть силы, рассматриваемые в теоретической механике?
- 4) Напишите дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки в проекциях на оси декартовой системы координат.
- 5) Напишите дифференциальные уравнения движения материальной точки на естественные оси.

- 6) В чем заключается первая и вторая задачи динамики точки?
- 7) Опишите последовательность решения первой задачи динамики точки.
- 8) Опишите последовательность решения второй задачи динамики точки.
- 9) Может ли материальная точка под действием одной и той же силы совершать движения, описываемые различными уравнениями?

Требования к знаниям

- 1) Четко формулировать законы классической механики.
- 2) Знать содержание и особенности решения первой и второй задач динамики материальной точки.
- 3) Уметь составлять и интегрировать дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых и естественных координатах в случаях действия на нее постоянной силы, силы, зависящей от скорости и положения точки в пространстве.

Методические рекомендации к решению задач

Задачи динамики точки делятся на две большие группы:

- 1) Задачи, в которых по заданному закону движения точки находятся действующие на нее силы.
- 2) Задачи, в которых по заданным силам, действующим на точку, определяется ее закон движения.

Первая группа задач решается в такой последовательности:

- 1) Выбрать систему координат, если она не указана в условии задачи
- 2) Изобразить на расчетной схеме материальную точку в произвольном положении и активные силы, действующие на точку.
- 3) Освободиться от связей, наложенных на материальную точку, заменив их реакциями связей и показать их на расчетной схеме.
- 4) Определить по заданному закону движения проекции ускорения на оси координат.
- 5) Составить дифференциальные уравнения движения материальной точки в проекциях на оси координат.
- 6) Из системы дифференциальных уравнений определить искомую величину.

Вторая группа задач решается в такой последовательности:

- 1) Изобразить систему координат, если она не указана в условии задачи
- 2) Изобразить на расчетной схеме материальную точку в произвольном положении и активные силы, действующие на точку.
- 3) Освободиться от связей (в случае несвободной материальной точки), наложенных на материальную точку, заменив их реакциями связей и показать их на расчетной схеме.
- 4) Составить дифференциальные уравнения движения материальной точки в проекциях на оси координат.
- 5) Записать начальные условия движения.
- 6) Найти общее решение дифференциальных уравнений движения.
- 7) Определить постоянные интегрирования, используя начальные условия.
- 8) Подставив постоянные интегрирования в общее решение, определяем закон движения точки.

При свободном движении материальной точки удобнее пользоваться прямоугольной системой координат. Естественные оси координат используют при изучении криволинейного движения точки.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 26.1, 26.2, 26.4, 26.8, 26.9, 26.10, 26.12, 26.15, 26.16, 27.1, 27.2, 27.4, 27.7, 27.31.

Динамика механической системы

Тема 2

Теорема о движении центра масс системы.

Теорема об изменении количества движения

Цели занятия: выяснение области применения теорем о движении центра масс механической системы и изменении количества движения механической системы при исследовании поведения механических систем, приобретение практических навыков решения конкретных задач, встречающихся в технике.

Перед изучением данной темы следует повторить следующие вопросы из раздела статика: центр тяжести твердого тела, способы определения положения центра тяжести твердых тел. Из раздела кинематики повторить: кинематика точки, кинематика поступательного, вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела.

Из области математики повторить тему: интегрирование дифференциальных уравнений, первые интегралы дифференциальных уравнений.

Перед занятием по данной теме необходимо изучить теоретический материал по предлагаемому ниже списку рекомендуемой литературы.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что называется механической системой? Как классифицируются силы, действующие на механическую систему?

- 2) Какими свойствами обладают внутренние силы?
- 3) Как записываются дифференциальные уравнения движения механической системы, каково их число и порядок?
- 4) Чем отличаются друг от друга центр масс и центр тяжести механической системы? Запишите формулы для их определения.
- 5) Сформулируйте теорему о движении центра масс механической системы.
- 6) Запишите в проекциях на координатные оси теорему о движении центра масс.
- 7) Влияют ли внутренние силы на движение центра масс?
- 8) При каких условиях центр масс движется равномерно и прямолинейно?
- 9) При каких условиях центр масс механической системы остается в покое относительно данной системы координат?
- 10) Чему равен главный вектор внешних сил, действующих на вращающееся твердое тело, у которого центр масс находится на оси вращения?
- 11) Может ли изменить движение центра масс тела приложенная к нему пара сил?
- 12) Сформулируйте определения количества движения материальной точки и количества движения системы.
- 13) Как связано количество движения системы с модулем и направлением скорости центра масс?
- 14) Как определяется импульс силы за конечный промежуток времени?
- 15) Чему равны проекции импульса постоянной и переменной силы на оси координат?
- 16) Сформулируйте теорему об изменении количества движения механической системы в дифференциальной и интегральной формах?
- 17) Запишите теорему об изменении количества движения механической системы в дифференциальной форме в проекциях на координатные оси.
- 18) Запишите теорему об изменении количества движения механической системы в интегральной форме в проекциях на координатные оси.
- 19) Могут ли внутренние силы изменить количество движения механической системы?
- 20) При каком условии количество движения механической системы сохраняется?
- 21) При каком условии сохраняется проекция на данную ось количества движения механической системы?

Требования к знаниям

- 1) Свободно владеть понятиями «количество движения материальной точки» и «количество движения механической системы»: уметь вычислять данную динамическую характеристику при различных движениях материальной точки и твердого тела, системы твердых тел.
- 2) Уметь определять импульс силы.
- 3) Знать класс задач, при решении которых может быть использована теорема об изменении количества движения, и уметь применять данную теорему для их решения.
- 4) Уметь вычислять координаты центра масс механической системы, состоящей из совокупности твердых тел.
- 5) Уметь применять теорему о движении центра масс механической системы при решении конкретных технических задач для получения первых интегралов дифференциальных уравнений движения системы и для определения реакций связей.

Методические рекомендации к решению задач

Задачи, решаемые с использованием теоремы о движении центра масс, можно разделить на четыре типа:

- 1) Определение действующих на систему внешних сил (или части из них) по заданному движению ее точек (тел).
- 2) Нахождение закона движения центра масс системы по заданным внешним силам.
- 3) Определение закона движения одной из точек (тел) системы по заданным внешним силам и законам движения остальных точек системы.
- 4) Использование для решения задачи следствий из теоремы о движении центра масс.
- 5) Задачи первого типа рекомендуется решать в следующем порядке:
- 6) Выявить тела, входящие в систему.
- 7) Выделить и изобразить на рисунке все внешние силы, действующие на систему.
- 8) Выбрать систему координат.
- 9) Записать теорему о движении центра масс в векторном виде, а затем в проекциях на одну или несколько осей выбранной системы координат.
- 10) Найти проекции известных из условия задачи внешних сил на оси координат и подставить их в уравнения, записанные, как рекомендовано в пункте 4.
- 11) По известным законам движения точек системы и их массам определить проекции ускорения центра масс на оси координат (используя формулу для определения координат центра масс системы).
- 12) По дифференциальным уравнениям движения (пункт 4) найти силу.

Задачи второго типа, где требуется найти закон движения центра масс, решаются путем интегрирования составленных в пункте 4 дифференциальных уравнений. Если при этом находятся неопреде-

ленные интегралы, то постоянные интегрирования определяются по начальным условиям движения, в которых фигурируют положение и скорость центра масс в некоторый момент времени.

В задачах третьего типа после выполнения приведенных выше первых четырех пунктов используются формулы по которым определяются координаты центра масс механической системы (дважды продифференцированные по времени) и полученные в них результаты вводятся в дифференциальные уравнения движения центра масс. Тогда в левых частях этих уравнений оказываются фигурирующими проекции ускорений нужной точки, по которым путем интегрирования находится закон ее движения.

Задачи четвертого типа, в которых согласно условию центр масс движется с постоянной по модулю и направлению скоростью или находится в состоянии покоя, решаются без составления дифференциальных уравнений движения центра масс. В этом случае используются формулы, определяющие координаты центра масс. Следует помнить, что при относительных перемещениях отдельных точек (тел) системы изменения их координат должны находиться не в относительном, а в абсолютном движении, то есть по отношению к неподвижной системе координат.

Задачи, решаемые с использованием теоремы об изменении количества движения, можно разделить на три основных типа:

- 1) Задачи на определение количества движения системы.
- 2) Задачи на определение различных кинематических или динамических характеристик системы с помощью теоремы об изменении количества движения системы.
- 3) Задачи, в которых также требуется определить различные кинематические или динамические характеристики системы, но на основании законов сохранения ее количества движения.

При решении задачи любого типа вначале необходимо:

- 1) Выявить совокупность тел, входящих в систему.
- 2) Выбрать систему координат.

Для задач первого типа рекомендуется далее, как правило, следующий порядок действий:

- 1) Определить координаты центров масс тел системы как функции времени.
- 2) Найти координаты центра масс системы.
- 3) Определить проекции на координатные оси i , если требуется по условию задачи, модуль скорости центра масс (иногда прямо без проекций модуль скорости).
- 4) Вычислить проекции на координатные оси j , а также модуль и направляющие косинусы вектора количества движения механической системы.

При решении задач второго типа необходимо после пунктов 1 и 2 произвести следующие операции:

- 3) Установить и изобразить на рисунке, действующие на систему, внешние силы.
- 4) Найти проекции сил на оси выбранной системы координат.
- 5) Составить выражения для проекций количества движения механической системы на оси координат (как это делается при решении задач первого типа).
- 6) Написать теорему об изменении количества движения механической системы в интегральной или дифференциальной форме в проекциях на координатные оси.
- 7) Решить полученное уравнение относительно полученной величины (при использовании теоремы в дифференциальной форме интегрируется дифференциальное уравнение, постоянные интегрирования находятся по начальным условиям).

Решение задач третьего типа предполагает выполнить те же первые четыре пункта, что и при решении задач второго типа. Затем необходимо:

- 1) Установить, на какую из координатных осей проекция главного вектора всех внешних сил равна нулю и, следовательно, проекция количества движения механической системы на эту ось остается неизменной.
- 2) Определить проекции количества движения механической системы в начальный и конечный (текущий) моменты времени на оси координат, для которых они неизменны, приравнять их и из полученных уравнений определить искомые величины.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 35.4, 35.5, 35.6, 35.7, 35.16, 35.17, 35.18, 35.19, 35.20, 35.21, 36.4, 36.7, 36.8, 36.9, 36.11, 36.12.

Тема 3

Теорема об изменении главного момента количеств движения механической системы

Цели занятия: выяснение области применения теоремы об изменении главного момента количеств движения механической системы при исследовании поведения механических систем, приобретение практических навыков решения конкретных задач, встречающихся в технике.

Перед изучением данной темы следует повторить следующие вопросы из раздела статика: момент силы относительно центра (точки), момент силы относительно оси, главный вектор и главный момент системы сил.

Из раздела кинематика повторить следующие вопросы: кинематика точки, кинематика поступательного, вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела.

Из области математики повторить темы: интегрирование дифференциальных уравнений, первые интегралы дифференциальных уравнений, векторное произведение и его свойства, представление век-

торного произведения определителем третьего порядка, проекция векторного произведения на оси прямоугольной системы координат.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Дайте определение момента количества движения материальной точки относительно центра. Как направлен этот вектор?
- 2) Запишите формулы для вычисления моментов количества движения материальной точки относительно координатных осей.
- 3) Сформулируйте теорему об изменении момента количества движения материальной точки относительно центра и оси.
- 4) Как определяется момент количеств движения механической системы?
- 5) Как определяется кинетический момент твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
- 6) Сформулируйте теорему об изменении момента количеств движения механической системы относительно центра и относительно оси.
- 7) Влияют ли внутренние силы на изменение кинетического момента системы?
- 8) При каких условиях теорема об изменении момента количеств движения позволяет получать первые интегралы дифференциальных уравнений движения механической системы?
- 9) При каких условиях остается постоянным кинетический момент относительно центра и относительно оси?
- 10) Как вычисляются осевые моменты инерции обруча, однородного круглого диска и цилиндра, однородного стержня?
- 11) Как записывается дифференциальное уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси?

Требования к знаниям

- 1) Свободно владеть понятиями «момент количества движения материальной точки» и «кинетический момент механической системы»; уметь вычислять кинетический момент относительно оси как твердого тела при различных видах его движения, так и системы, состоящей из совокупности твердых тел.
- 2) Уметь применять теорему об изменении момента количеств движения для составления дифференциального уравнения движения системы с одной степенью свободы, для получения первых интегралов дифференциальных уравнений движения механической системы, а также для определения реакций связей при известном движении.

Методические рекомендации к решению задач

Задачи, решаемые с использованием теоремы об изменении момента количеств движения механической системы можно разделить на следующие три типа:

- 1) Определение различных динамических или кинематических характеристик системы (моменты внешних сил, модули самих сил, моменты инерции и т. д.).
- 2) Определение различных динамических и кинематических характеристик системы с использованием закона сохранения ее момента количеств движения относительно неподвижной оси.
- 3) Задачи, решаемые с использованием дифференциального уравнения вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.

При решении задач всех типов вначале рекомендуется:

- 1) Выявить совокупность тел, включаемых в систему.
- 2) Установить действующие на механическую систему внешние силы и изобразить их на рисунке.
- 3) Выбрать систему координат, направив одну из осей которой вдоль оси вращения тела, входящего в механическую систему.
- 4) Написать выражения для главных моментов всех внешних сил системы относительно осей выбранной системы координат.
- 5) Составить выражение для момента количеств движения системы относительно введенной неподвижной оси, определяя его как алгебраическую сумму моментов количеств движения материальных точек и тел системы относительно этой оси (этот пункт выполняется при решении задач первого типа).
- 6) Записать теорему об изменении момента количеств движения системы относительно неподвижной оси и найти искомую величину (этот пункт также выполняется при решении задач первого типа).

Для решения задач второго типа следует на основании результатов, полученных в пункте 4, установить, относительно какой из координатных осей главный момент всех внешних сил механической системы равен нулю и, следовательно, остается неизменным соответствующий момент количеств движения. Затем необходимо определить и приравнять моменты количеств движения механической системы относительно указанной оси координат в начальный и конечный (или текущий) моменты времени и из полученного соотношения найти искомую величину.

В задачах третьего типа рекомендуется при выполнении пункта 4 составить выражение для суммы моментов всех внешних сил только относительно оси вращения твердого тела и затем записать дифференциальное уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.

Дальнейший порядок действий определяется условиями задачи. В частности, может понадобиться интегрирование полученного в пункте 5 дифференциального уравнения.

Если исходная механическая система разбивается на несколько частей, то полученная система уравнений, включающая неизвестные силы взаимодействия между частями, дополняется уравнениями, связывающими между собой кинематические характеристики движения тел. Исключением из полученной совокупности уравнений неизвестных сил можно получить дифференциальное уравнение движения данной системы.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 37.4, 37.5, 37.7, 37.8, 37.9, 37.43, 37.44, 37.50, 37.51, 37.52, 37.53, 37.54, 37.55, 37.56, 37.57, 37.58.

Тема 4

Теорема об изменении кинетической энергии механической системы

Цели занятия: выяснение области применения теоремы об изменении кинетической энергии при исследовании поведения механических систем, приобретение навыков составления дифференциальных уравнений движения механических систем с одной степенью свободы с помощью теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме, освоение методики применения теоремы об изменении кинетической энергии в конечной форме для получения первых интегралов дифференциальных уравнений движения механических систем.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из курса математики: основные правила дифференцирования скалярных и векторных функций скалярного аргумента одной переменной, определенные и неопределенные интегралы, дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и их интегрирование, линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами (однородные и неоднородные), и их интегрирование. Задача Коши в теории дифференциальных уравнений, скалярное произведение векторов и его свойства.

Следует повторить следующие вопросы из раздела кинематика: способы задания движения материальной точки, определение скорости и ускорения точки при векторном, координатном способах и естественном способах задания движения точки, естественные оси, естественный трехгранник, кинематика твердого тела (определение скоростей точек твердого тела при различных видах его движения), абсолютное и относительное движения точки, переносное движение, теорема о сложении скоростей.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что называется кинетической энергией материальной точки?
- 2) Что называется кинетической энергией механической системы?
- 3) Сформулируйте теорему Кенига.
- 4) Получите формулы для вычисления кинетической энергии твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном его движениях.
- 5) Запишите формулы для вычисления элементарной работы силы для случаев, когда движение точки приложения силы задано либо векторным, либо координатным, либо естественным способами.
- 6) Выясните, при каких условиях элементарная работа силы положительна, отрицательна, равна нулю.
- 7) Запишите формулы для вычисления работы силы на конечном перемещении для случаев, когда движение точки приложения силы задано либо векторным, либо координатным, либо естественным способами.
- 8) Как вычисляется работа силы упругости и силы тяжести?
- 9) Что называется мощностью силы?
- 10) Как определяется работа и мощность силы, приложенной к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси?
- 11) Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы в дифференциальной форме.
- 12) Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы в конечной форме.
- 13) Влияют ли внутренние силы механической системы на изменение ее кинетической энергии?
- 14) Какова сумма работ внутренних сил абсолютно твердого тела на любом перемещении тела?
- 15) Какова сумма мощностей внутренних сил абсолютно твердого тела?
- 16) Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии материальной точки.
- 17) Какое силовое поле называется потенциальным?
- 18) Как определяются проекции на координатные оси потенциальной силы через силовую функцию?
- 19) Сформулируйте необходимые и достаточные условия потенциальности силового поля.
- 20) Как определить элементарную работу потенциальной силы и работу этой силы на конечном перемещении, если известна силовая функция?

- 21) Какова работа потенциальной силы на замкнутом перемещении?
- 22) Введите понятие потенциальной энергии материальной точки. Какая зависимость существует между силовой функцией потенциального поля и потенциальной энергией материальной точки, находящейся в этом поле?
- 23) Введите понятие потенциальной энергии механической системы. какая зависимость существует между силовой функцией потенциального поля и потенциальной энергией механической системы, находящейся в этом поле?
- 24) Какие поверхности называются поверхностями уровня?
- 25) Чему равна работа сил поля на перемещении материальной точки, если начальная и конечная точки ее траектории находятся на одной и той же поверхности уровня?
- 26) Чему равна работа сил поля на перемещении материальной точки, если траектория точки расположена на одной из поверхностей уровня?
- 27) Чему равна работа сил поля на перемещении материальной точки, если начальная и конечная точки ее траектории находятся на разных поверхностях уровня?
- 28) Как направлена сила, действующая на материальную точку в потенциальном силовом поле, по отношению к поверхности уровня, проходящей через эту точку?
- 29) Назовите примеры потенциальных силовых полей. Какой вид имеют поверхности уровня поля однородной силы тяжести, линейной силы упругости и силы тяготения?
- 30) В чем заключается закон сохранения механической энергии?

Требования к знаниям

- 1) Свободно владеть понятиями «кинетическая энергия материальной точки» и «кинетическая энергия механической системы».
- 2) Уметь вычислять кинетическую энергию твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном его движениях, а также кинетическую энергию механических систем, состоящих из тел, совершающих перечисленные движения.
- 3) Свободно владеть понятиями «элементарная работа силы», «работа силы на конечном перемещении» и «мощность силы».
- 4) Знать все формулы, необходимые для вычисления элементарной работы, полной работы и мощности силы, и уметь их применять при решении конкретных задач.
- 5) Уметь выводить теорему об изменении кинетической энергии механической системы в различных формах и формулировать ее содержание.
- 6) Знать, как записывается теорема об изменении кинетической энергии для неизменяемой механической системы. Свободно применять теорему в различных ее формах к решению конкретных задач.
- 7) Свободно владеть понятиями, связанными с потенциальным силовым полем (силовая функция, работа потенциальной силы, поверхности уровня, потенциальная энергия, полная механическая энергия и условия ее сохранения).

Методические рекомендации к решению задач

Дифференциальная форма теоремы об изменении кинетической энергии механической системы используется для составления дифференциального уравнения движения систем с одной степенью свободы и, в частности, для нахождения ускорения движущихся тел. Эта форма может также использоваться для составления дифференциальных уравнений движения систем с несколькими степенями свободы совместно с другими общими теоремами динамики.

Конечная форма теоремы об изменении кинетической энергии механической системы позволяет получить первый интеграл дифференциальных уравнений движения в тех случаях, когда можно вычислить сумму работ внешних сил на конечном перемещении системы без знания закона её движения.

Теорема об изменении кинетической энергии в случаях, когда движущаяся механическая система является неизменяемой, позволяет исключить из рассмотрения все неизвестные внутренние силы, а при наложенных на систему идеальных, стационарных связях и неизвестные реакции внешних связей.

При составлении дифференциального уравнения движения системы следует:

- 1) Убедиться в том, что система имеет одну степень свободы.
- 2) Выбрать координату, относительно которой будет составляться уравнение движения.
- 3) Записать теорему об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме.
- 4) Вычислить кинетические энергии отдельных тел системы. Кинетическую энергию системы вычислить как сумму кинетических энергий отдельных тел.
- 5) Угловые скорости тел системы и линейные скорости их центров масс выразить через заданную скорость. В результате кинетическая энергия механической системы также будет представлена как функция этого независимого параметра.
- 6) Вычислить производную по времени от кинетической энергии системы.
- 7) Изобразить на расчётной схеме все внешние силы, действующие на механическую систему. Вычислить сумму мощностей внешних сил.
- 8) Составить дифференциальное уравнение движения, используя для этого теорему об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме.
- 9) Задать начальные условия движения механической системы.
- 10) Найти общее решение дифференциального уравнения движения.
- 11) Определить по начальным условиям постоянные интегрирования.

- 12) Подставив значения постоянных интегрирования в общее решение дифференциального уравнения, найти закон движения механической системы.

Теорема об изменении кинетической энергии механической системы в конечной (интегральной форме) применяется к решению задач в следующей постановке: механическая система, находящаяся в покое, под действием внешних сил приходит в движение. За некоторое время одно из тел системы перемещается на заданное расстояние. Найти скорости, приобретённые телами системы.

Порядок решения данной задачи следующий:

- 1) Убедиться в том, что механическая система имеет одну степень свободы.
- 2) Выбрать координату, с помощью которой будет определяться положение системы.
- 3) Записать теорему об изменении кинетической энергии механической системы в конечной форме, положив значение кинетической энергии механической системы в начальный момент времени равным нулю.
- 4) Изобразить на рисунке систему в начальном и конечном положениях. Вычислить кинетическую энергию системы в конечном положении как сумму кинетических энергий тел, входящих в её состав. На расчётной схеме показать все кинематические характеристики, от которых зависит кинетическая энергия системы.
- 5) Выразить кинетическую энергию системы через скорость тела, перемещение которого задано.
- 6) Вычислить сумму работ сил, приложенных к системе, на заданном её перемещении. Перемещения точек приложения сил и углы поворота тел, к которым приложены моменты, выразить через перемещение тела которого задано.
- 7) Из теоремы об изменении кинетической энергии в конечной форме определить искомую скорость, приравняв полученные в пунктах 5, 6 выражения кинетической энергии системы и суммы работ сил.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 38.1, 38.3, 38.4, 38.11, 38.12, 38.13, 38.14, 38.15, 38.17, 38.20, 38.21, 38.23, 38.24, 38.25, 38.26, 38.27, 38.29, 38.30, 38.31, 38.32, 38.34, 38.35, 38.36, 38.38, 38.40, 38.42, 38.43, 38.44, 38.45, 38.53.

Тема 5

Динамика твёрдого тела

Цели занятия: познакомиться с особенностями применения общих теорем динамики при изучении движения твёрдого тела, научиться составлять дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твёрдого тела и использовать их при решении первой и второй задач динамики, познакомиться с дифференциальными уравнениями вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной точки.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из курса математики: основные правила дифференцирования скалярных и векторных функций скалярного аргумента одной переменной, определенные и неопределенные интегралы, дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными и их интегрирование, линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами (однородные и неоднородные), и их интегрирование. Задача Коши в теории дифференциальных уравнений, скалярное произведение векторов и его свойства.

Следует повторить следующие вопросы из раздела кинематика: кинематика твёрдого тела (определение скоростей точек твёрдого тела при различных видах его движения — поступательном, вращательном, плоскопараллельном), вращение твёрдого тела вокруг неподвижной точки, углы Эйлера, кинематические уравнения Эйлера.

Следует повторить следующие вопросы из раздела динамика: общие теоремы динамики механической системы, главные и центральные оси инерции твёрдого тела и их свойства.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Какой вид имеют дифференциальные уравнения поступательного движения твёрдого тела?
- 2) Как определяется момент количества движения (кинетический момент) твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, относительно оси вращения?
- 3) Какой вид имеют дифференциальные уравнения плоскопараллельного движения твёрдого тела и на основании каких теорем они получены?
- 4) Каким видом дифференциальных уравнений плоскопараллельного движения твёрдого тела удобно пользоваться, если задана траектория центра масс тела?
- 5) По каким формулам вычисляются кинетические моменты твёрдого тела относительно неподвижной точки и относительно координатных осей при его сферическом движении?
- 6) Чему равны кинетические моменты твёрдого тела относительно главных осей инерции, проведённых из неподвижной точки тела, при его сферическом движении?
- 7) Что собой представляют динамические уравнения Эйлера. Какой вид они имеют в проекциях на оси, неизменно связанные с телом?
- 8) Какое твёрдое тело называют гироскопом? На каких допущениях основана приближённая теория гироскопа?
- 9) Чему равен и как направлен кинетический момент быстро вращающегося гироскопа относительно его неподвижной точки?

- 10) Сформулируйте теорему Резаля.
- 11) Какой гироскоп называется свободным? В чём состоит основное свойство свободного гироскопа?
- 12) В чём состоит разница в свойствах гироскопов с двумя и тремя степенями свободы?
- 13) Каковы особенности действия силы на ось быстро вращающегося гироскопа?
- 14) Какое движение гироскопа называется регулярной прецессией? По какой формуле вычисляется угловая скорость прецессии оси гироскопа?
- 15) Какова физическая сущность гироскопического эффекта и при каких условиях он наблюдается?
- 16) Каковы дифференциальные уравнения движения свободного твёрдого тела?
- 17) При каких условиях движение свободного твёрдого тела является поступательным?

Требования к знаниям

- 1) Применять общие теоремы динамики для изучения движения твёрдого тела.
- 2) Составлять дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твёрдого тела и использовать их при решении первой и второй задач динамики..
- 3) Определять гироскопические реакции.

Методические рекомендации к решению задач

Для решения задач динамики плоскопараллельного движения твёрдого тела рекомендуется:

- 1) Изобразить твёрдое тело, движение которого рассматривается, в текущем положении.
- 2) Выбрать и изобразить три системы координат: одну неподвижную и две подвижные (одну движущуюся поступательно и вторую жёстко связанную с твёрдым телом) с началами в центре масс твёрдого тела.
- 3) Изобразить на расчётной схеме все внешние силы, приложенные к твёрдому телу.
- 4) Составить дифференциальные уравнения движения твёрдого тела и добавить к ним уравнения связей.
- 5) Если это необходимо, проинтегрировать дифференциальные уравнения движения и определить искомые величины.

В некоторых случаях для решения задач оказывается более целесообразным вместо одного из дифференциальных уравнений движения твёрдого тела использовать теорему об изменении кинетической энергии механической системы.

Задачи по приближённой теории гироскопов можно разбить на два типа:

- 1) Определение прецессии оси трёхстепенного гироскопа по заданным внешним силам и угловой скорости собственного вращения ротора гироскопа.
- 2) Определение гироскопических реакций подшипников по известной угловой скорости принудительной прецессии и угловой скорости собственного вращения ротора гироскопа.

Задачи первого типа рекомендуется решать в такой последовательности:

- 1) Проверить, имеет ли гироскоп или гироскопическая система три степени свободы.
- 2) Выбрать две системы координат — подвижную и неподвижную, совместив их начало с неподвижной точкой гироскопа и направив одну из осей подвижной системы по оси вращения ротора.
- 3) Изобразить на рисунке внешние силы, приложенные к гироскопу.
- 4) Определить главный момент внешних сил относительно неподвижной точки.
- 5) Найти главный момент количества движения гироскопа относительно неподвижной точки.
- 6) Применив теорему Резаля, определить движение оси гироскопа.

В задачах, связанных с определением гироскопических давлений (гироскопических реакций опор), рекомендуется:

- 1) Изобразить на рисунке векторы угловой скорости собственного вращения гироскопа и главного момента количества движения.
- 2) Определить и изобразить на рисунке вектор угловой скорости прецессии оси гироскопа.
- 3) Найти гироскопический момент (главный момент внешних сил).
- 4) Определить направления и модули гироскопических давлений на опоры (гироскопических реакций опор).

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 39.1, 39.2, 39.4, 39.5, 39.6, 39.9, 39.10, 39.11, 39.12, 39.13, 39.14, 39.15, 39.16, 39.17, 39.19, 39.20, 40.1, 40.4, 40.7, 40.11.

Тема 6

Принцип Даламбера

Цели занятия: выяснить сущность и область применения метода кинетостатики при исследовании движения механических систем научиться вычислять даламберовы силы инерции твёрдого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном его движениях, приобрести навыки составления дифференциальных уравнений движения механических систем с помощью метода кинетостатики, научиться определять реакции опор вращающегося твёрдого тела методом кинетостатики.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из курса теоретической механика:

- 1) Раздел статика: главный вектор и главный момент системы сил, теорема о приведении произвольной системы сил к центру, случаи приведения системы сил к равнодействующей и паре сил, условия равновесия произвольной произвольной пространственной, плоской и сходящейся систем сил.
- 2) Раздел кинематика: поступательное, вращательное, плоскопараллельное движение твёрдого тела.
- 3) Раздел динамика: осевые и центробежные моменты инерции твёрдого тела, главные и центральные оси инерции.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что называется даламберовой силой инерции материальной точки? Как направлена даламберова сила инерции?
- 2) Сформулируйте принцип Даламбера для материальной точки.
- 3) Сформулируйте принцип Даламбера для механической системы.
- 4) По какой формуле определяется главный вектор даламберовых сил инерции механической системы?
- 5) К чему приводятся даламберовы силы инерции при поступательном движении твёрдого тела?
- 6) К чему приводятся даламберовы силы инерции точек твёрдого тела при вращательном его движении вокруг главной центральной оси инерции?
- 7) К чему приводятся даламберовы силы инерции точек твёрдого тела, имеющего плоскость материальной симметрии, при вращательном его движении вокруг неподвижной оси, перпендикулярной этой плоскости?
- 8) Какие составляющие реакций подшипников при вращении твёрдого тела вокруг неподвижной оси называются статическими?
- 9) Какие составляющие реакций подшипников при вращении твёрдого тела вокруг неподвижной оси называются динамическими?
- 10) Перечислите условия, при выполнении которых динамические реакции подшипников равны нулю.
- 11) При каких условиях тело, имеющее неподвижную ось вращения, называется статически уравновешенным?
- 12) При каких условиях тело, имеющее неподвижную ось вращения, называется динамически уравновешенным?
- 13) Назовите необходимые и достаточные условия, при выполнении которых тело, вращающееся вокруг неподвижной оси, не оказывает дополнительных давлений на подшипники?

Требования к знаниям

- 1) Понимать сущность метода кинетостатики как особого методического приёма составления дифференциальных уравнений движения материальной точки и механической системы.
- 2) Грамотно формулировать принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.
- 3) Уметь приводить к простейшему виду даламберовы силы инерции частиц твёрдого тела в случаях его поступательного, вращательного и плоскопараллельного движений.
- 4) Знать условия, при выполнении которых динамические давления вращающегося твёрдого тела на опоры равны нулю.
- 5) Иметь представление о статической и динамической балансировках твёрдого тела.

Методические рекомендации к решению задач

Решение задач с помощью метода кинетостатики рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) Изобразить на рисунке активные силы, приложенные к каждой из материальных точек механической системы.
- 2) Освободить точки механической системы от наложенных связей, применив принцип освобождения от связей, изобразить реакции связей.
- 3) Добавить к активным силам и реакциям связей даламберовы силы инерции материальных точек механической системы.
- 4) Выбрать систему координат.
- 5) Составить уравнения равновесия активных сил, реакций связей и даламберовых сил инерции для каждой из материальных точек механической системы.
- 6) Решив составленную систему уравнений, определить искомые величины.

Задачи, в которых требуется определить полные реакции вращающегося твёрдого тела на ось вращения, рекомендуется решать в следующем порядке:

- 1) Выбрать подвижные оси x , y , z , связанные с вращающимся твёрдым телом, направив ось z вдоль оси вращения, а оси y и z расположить в плоскости, содержащей центр масс тела (можно начало координат совместить с одной из опор тела).
- 2) Изобразить на рисунке активные силы (в том случае, если необходимо определить полные реакции опор на ось вращения)

- 3) Изобразить на рисунке искомые реакции (это либо полные реакции опор, либо поперечные динамические реакции).
- 4) Определить абсциссу и ординату центра масс тела.
- 5) Вычислить центробежные моменты инерции тела I_{yz} и I_{xz} .
- 6) Составить уравнения кинестатики.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 41.8, 41.10, 41.11, 41.12, 41.13, 41.15, 41.16, 41.17, 41.18, 41.19, 41.21, 41.22, 41.23, 42.4, 42.5, 42.7, 42.8, 42.12.

Тема 7

Принцип возможных перемещений

Цели занятия: выяснить область применения принципа возможных перемещений при решении задач механики, научиться применять его при решении задач о равновесии твёрдого тела и систем твёрдых тел, а также для определения зависимостей между модулями активных сил.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из курса теоретической механики:

- 1) Раздел кинематика: поступательное, вращательное, плоскопараллельное движение твёрдого тела.
- 2) Раздел динамика: элементарная работа силы.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что называется в механике связью?
- 2) Дайте определения стационарных и нестационарных, удерживающих и неудерживающих, голономных и неголономных связей.
- 3) Что называется возможным перемещением материальной точки?
- 4) Что называют возможными перемещениями механической системы?
- 5) Какие связи называют идеальными? Приведите примеры идеальных связей.
- 6) Что представляют собой обобщённые координаты механической системы?
- 7) Чему равно число степеней свободы механической системы?
- 8) Зависят ли возможные перемещения от действующих на систему сил?
- 9) Сформулируйте принцип возможных перемещений. Почему принцип возможных перемещений называют общим уравнением статики?
- 10) Какие виды может иметь уравнение работ?
- 11) Как составляются уравнения работ для сил, действующих на механическую систему с несколькими степенями свободы?
- 12) Как формулируется золотое правило механики?
- 13) Каким образом определяются реакции связей с помощью принципа возможных перемещений?

Требования к знаниям

- 1) Чётко формулировать содержание основных понятий и определений аналитической механики: связи, классификация связей, возможные перемещения, обобщённые координаты, число степеней свободы, элементарная работа силы на возможном перемещении.
- 2) Грамотно формулировать принцип возможных перемещений, понимать его сущность, уметь записывать его в различных формах.
- 3) Знать особенности применения принципа возможных перемещений к исследованию равновесия механических систем с одной и несколькими степенями свободы.
- 4) Уметь применять принцип возможных перемещений для определения реакций связей в статически определимых и неизменяемых системах.

Методические рекомендации к решению задач

Принцип возможных перемещений применяется при исследовании равновесия твёрдых тел, систем твёрдых тел: для определения положений равновесия, для определения реакций связей, при определении зависимостей между задаваемыми силами.

Задачи на исследование равновесия твёрдых тел и систем твёрдых тел рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) Изобразить на рисунке активные силы, приложенные к каждой из материальных точек механической системы.
- 2) При наличии неидеальных связей добавить соответствующие реакции связей (силы трения отнести к числу активных сил).
- 3) Если искомой величиной является реакция связи, то следует отбросив данную связь, заменить её действие на механическую систему соответствующей реакцией.

Дальнейший ход решения задачи зависит от того, сколько степеней свободы имеет исследуемая механическая система.

В случае механической системы с одной степенью свободы:

- 4) Дать возможное перемещение одной из точек механической системы и выразить возможные перемещения точек приложения сил в зависимости от заданного возможного перемещения.

- 5) Вычислить сумму элементарных работ активных сил и реакций связей на возможных перемещениях точек приложения сил и приравнять её нулю.
- 6) Выразить возможные перемещения точек приложения сил через перемещение какой-либо одной точки и, подставив полученные соотношения в уравнение работ, определить искомую величину.

Для механической системы с несколькими степенями свободы:

- 7) Выбрать независимые возможные перемещения точек механической системы в числе, равном числу степеней свободы этой системы.
- 8) Сообщить возможное перемещение, соответствующее одной из степеней свободы механической системы, считая при этом возможные перемещения, соответствующие остальным степеням свободы, равными нулю. Составить уравнение работ, выражающее принцип возможных перемещений, для каждого независимого перемещения. Используя связи между возможными перемещениями точек приложения сил на каждом независимом перемещении, преобразовать полученные уравнения работ (как в случае механической системы с одной степенью свободы).
- 9) Решив полученную систему уравнений (число уравнений, которой равно числу степеней свободы механической системы), определить искомые величины.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 46.1, 46.2, 46.3, 46.8, 46.9, 46.10, 46.14, 46.15, 46.16, 46.17, 46.21, 46.22, 46.23, 46.24, 46.25, 46.26, 46.27, 46.29, 46.30, 46.31.

Тема 8

Общее уравнение динамики (объединённый принцип Даламбера-Лагранжа)

Цели занятия: освоить применение общего уравнения динамики при изучении движения механических систем с одной и несколькими степенями свободы.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы из курса теоретической механики:

- 1) Раздел статика: главный вектор и главный момент системы сил, теорема о приведении произвольной системы сил к центру, случаи приведения системы сил к равнодействующей и паре сил.
- 2) Раздел кинематика: поступательное, вращательное, плоскопараллельное движение твёрдого тела.
- 3) Раздел динамика: элементарная работа силы, принцип Даламбера, принцип возможных перемещений, приведение даламберовых сил инерции твёрдого тела при его поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Какой вид имеет общее уравнение динамики?
- 2) Что называется обобщённой силой, соответствующей некоторой обобщённой координате механической системы, какую она имеет размерность?
- 3) Чему равны обобщённые реакции идеальных связей?
- 4) Каковы особенности применения общего уравнения динамики к исследованию механических систем с одной степенью свободы?
- 5) Каковы особенности применения общего уравнения динамики к исследованию механических систем с несколькими степенями свободы?
- 6) Какой вид имеют условия равновесия сил, приложенных к механической системе, полученные из общего уравнения динамики в обобщённых силах?
- 7) Как определяются обобщённые силы в случае консервативных и в случае неконсервативных сил?
- 8) Какой вид имеют условия равновесия сил, приложенных к механической системе, полученные из общего уравнения динамики в обобщённых силах?
- 9) Справедливо ли общее уравнение динамики в случае нестационарных связей?

Требования к знаниям

Чётко формулировать общее уравнение динамики, уметь записывать его в различных формах, знать особенности его применения к исследованию движения механических систем с одной и несколькими степенями свободы.

Методические рекомендации к решению задач

Общее уравнение динамики применяется для составления дифференциальных уравнений движения механических систем.

Задачи с помощью общего уравнения динамики рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) Изобразить на рисунке активные силы, приложенные к каждой из материальных точек механической системы.
- 2) При наличии неидеальных связей добавить соответствующие реакции связей (силы трения отнести к числу активных сил).
- 3) Сделать предположение о направлении ускорений точек механической системы.

- 4) Приложить к телам, входящим в состав механической системы, даламберовы силы инерции, направив их в сторону, противоположную соответствующим ускорениям, выписать формулы, по которым определяются главные векторы и главные моменты даламберовых сил инерции.

Дальнейший ход решения задачи зависит от того, сколько степеней свободы имеет исследуемая механическая система.

В случае механической системы с одной степенью свободы:

- 5) Сообщить возможное перемещение одной из точек механической системы и выразить возможные перемещения точек приложения сил в зависимости от заданного возможного перемещения, изобразив их на рисунке.
- 6) Вычислить сумму элементарных работ активных сил, реакций неидеальных связей, а также даламберовых сил инерции на возможных перемещениях точек приложения сил и приравнять её нулю.
- 7) Выразить возможные перемещения точек приложения сил через перемещение какой-либо одной точки и, подставив полученные соотношения в уравнение работ, определить непосредственно из него или после интегрирования искомую величину (после сокращения полученного уравнения работ на заданное возможное перемещение).

Для механической системы с несколькими степенями свободы:

- 5) Выбрать независимые возможные перемещения точек механической системы в числе, равном числу степеней свободы этой системы.
- 6) Сообщить возможное перемещение, соответствующее одной из степеней свободы механической системы, считая при этом возможные перемещения, соответствующие остальным степеням свободы, равными нулю. Составить уравнение работ, выражающее общее уравнение динамики, для каждого независимого перемещения. Используя связи между возможными перемещениями точек приложения сил на каждом независимом перемещении, преобразовать полученные уравнения работ (как в случае механической системы с одной степенью свободы).
- 7) Решив полученную систему уравнений (число уравнений, которой равно числу степеней свободы механической системы), определить искомые величины. Система уравнений получается после сокращения каждого из составленных уравнений на соответствующее независимое возможное перемещение.
- 8) Если искомые ускорения оказываются положительными, то сделанные предположения о направлениях ускорений подтверждаются, если же оказались отрицательными, то соответствующие ускорения направлены в другую сторону.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 47.1, 47.2, 47.3, 47.4, 47.5, 47.6, 47.7, 47.8, 47.9, 47.10, 47.11, 47.12, 47.13, 47.14, 47.15, 47.16, 47.17.

Тема 9

Уравнения Лагранжа второго рода

Цели занятия: освоить применение одного из основных методов составления дифференциальных уравнений движения голономных механических систем.

Перед тем, как приступить к изучению данной темы, рекомендуется повторить следующие вопросы:

- 1) Курс математического анализа: дифференцирование функций одной и нескольких переменных.
- 2) Дифференциальные уравнения: методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядка (линейных уравнений с постоянными коэффициентами).
- 3) Теоретическая механика: методы определения скоростей точек твёрдого тела при различных видах его движения, кинетической энергии твёрдого тела при различных видах его движения, элементарная работа силы, потенциальное силовое поле, потенциальная энергия, возможные перемещения точки и системы, обобщённые координаты и число степеней свободы механической системы, обобщённые силы и способы их вычисления.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1) Что называется обобщёнными координатами и обобщёнными скоростями?
- 2) Что называется обобщённой силой, соответствующей некоторой обобщённой координате механической системы, какую она имеет размерность?
- 3) Как находятся обобщённые силы?
- 4) Какой вид имеют уравнения Лагранжа второго рода? Каково число этих уравнений для данной механической системы?
- 5) Функцией каких переменных является кинетическая энергия механической системы в обобщённых координатах?
- 6) Что представляют собой уравнения Лагранжа второго рода: систему дифференциальных уравнений в обыкновенных или в частных производных?
- 7) При каких условиях кинетическая энергия механической системы является квадратичной формой обобщённых скоростей?

- 8) Какой вид имеют уравнения Лагранжа второго рода в случае консервативных сил?
- 9) Что представляет собой функция Лагранжа или кинетический потенциал?
- 10) Как записываются начальные условия в обобщённых координатах?

Требования к знаниям

После изучения данной темы студент должен уметь составлять с помощью уравнений Лагранжа второго рода дифференциальные уравнения движения механических систем с одной и несколькими степенями свободы, а именно:

- 1) Определять число степеней свободы механической системы.
- 2) Рационально выбирать обобщённые координаты.
- 3) Вычислять кинетическую энергию механической системы как функцию обобщённых координат и скоростей.
- 4) Вычислять частные производные от кинетической энергии механической системы по обобщённым координатам и скоростям.
- 5) Определять обобщённые силы различными способами.
- 6) Вычислять потенциальную энергию механической системы как функцию обобщённых координат.

Методические рекомендации к решению задач

Уравнения Лагранжа второго рода являются универсальным методом составления систем дифференциальных уравнений движения механических систем, подчинённых идеальным удерживающим голономным связям.

Составление дифференциальных уравнений движения с помощью уравнений Лагранжа второго рода рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) Определить число степеней свободы механической системы.
- 2) Выбрать систему координат и ввести независимые обобщённые координаты в числе, равном числу степеней свободы.
- 3) Вычислить кинетическую энергию T рассматриваемой механической системы, выразив энергию в зависимости от обобщённых координат и обобщённых скоростей.
- 4) Найти частные производные по обобщённым скоростям от кинетической энергии, входящие в левую часть уравнений Лагранжа второго рода, а затем вычислить их производные по времени.
- 5) Определить обобщённые силы системы, соответствующие избраным обобщённым координатам.
- 6) Определить частные производные кинетической энергии T по обобщённым координатам.
- 7) Полученные в пунктах 4, 5 и 6 результаты подставить в уравнения Лагранжа.

Если в задаче требуется найти уравнения движения механической системы, то следует проинтегрировать полученную систему дифференциальных уравнений движения, определив постоянные интегрирования по начальным условиям.

Список задач для самостоятельного решения

Для самостоятельного решения рекомендуются следующие задачи из сборника задач по теоретической механике И. В. Мещерского: 48.1, 48.7, 48.13, 48.23, 48.28, 48.29, 48.35.

7. Общие методические рекомендации по оформлению и выполнению отдельных видов ВАРС

РГР. Задание к расчетно-графической работе по теоретической механике «Исследование движения механической системы с одной степенью свободы»

Механическая система в состав которой входит три тела из указанных, приходит в движение из состояния покоя под действием силы тяжести или постоянной силы F .

Трением подшипников и массам нерастяжимых нитей пренебречь. Качение тела происходит без скольжения. Применяя алгоритм исследования движения механической системы, определить скорость и ускорение центра масс первого тела и силы натяжения нити на всех ее участках.

Исходные данные для выполнения работы выбираются по шифру. Шифр – две последние цифры номера зачетки (или студ. билета). Первая цифра соответствует строке в таблице исходных данных.

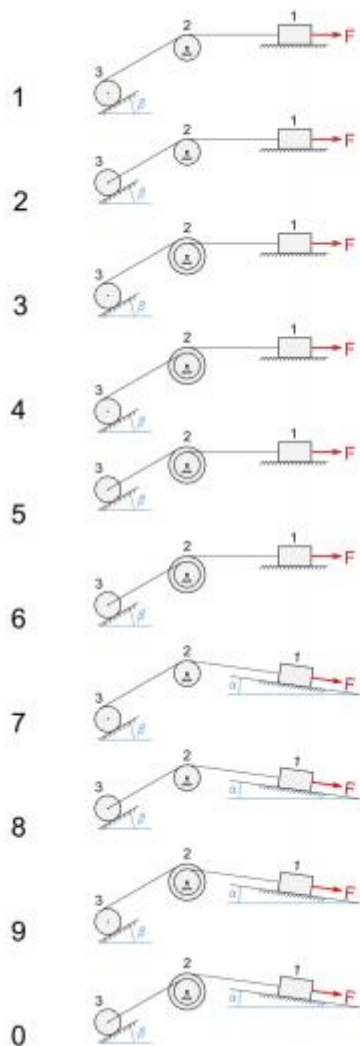
Таблица данных.

№	m1	m2	m3	F	R2	r2	R3	r3	l2	l3	f	δ	α	β	S
	КГ			Н	см						-	см	Град.		м
0	24	10	15	80	30	15	42	21	20	30	0,12	0,2	30	60	3,0
1	20	14	9	60	20	10	38	19	15	18	0,1	0,3	37	53	2,5
2	25	16	8	56	40	20	50	25	30	26	0,31	0,15	45	60	2,0
3	30	20	12	90	35	17	44	22	26	28	0,17	0,23	37	30	2,4
4	12	8	7	40	25	13	30	15	19	22	0,24	0,15	53	60	1,8

5	22	15	12	72	28	14	36	18	21	27	0,3	0,25	30	45	2,8
6	18	7	10	38	32	16	40	20	24	32	0,22	0,18	45	53	1,6
7	16	12	11	64	42	21	48	24	31	36	0,15	0,28	60	37	1,5
8	24	18	16	70	18	9	26	13	14	20	0,17	0,35	45	37	2,6
9	32	22	114	68	38	19	52	26	27	38	0,2	0,32	53	30	2,1

Вторая цифра соответствует номеру расчетной схемы. Пример выполнения задания содержится на сайте ИОСа в разделе «Общая информация по дисциплине». Необходимо выполнить все пункты, кроме 4, 8 и 12. РГР оформляется на листах формата А4 и затем выкладывается в ИОС в раздел «Аттестационный материал», «РГР (очное)»

Расчетные схемы



Требования к РГР

Расчетно-пояснительную записку оформляют по ГОСТ 2.105—95 «Общие требования к текстовым документам».

Расчетно-пояснительную записку выполняют машинописным способом с применением печатающих устройств персональных компьютеров. Для записки используют белую бумагу формата А4 (210 x 297 мм). Машинописный текст: шрифт – Times New Roman, размер – 14, одинарный интервал, абзацы в начале текста начинают отступом 1,25.

Расчетные формулы приводят сначала в общем виде, затем в них подставляют значения величин в порядке расположения их в формуле, и только после этого записывают окончательный результат с обязательным указанием размерности вычисленной величины. Расшифровка входящих в формулу величин обязательна. С целью исключения ошибок вычисления следует делать очень внимательно, повторно проверяя полученные значения. Опечатки, описки и графические неточности допускается исправлять, подчищая, заклеивая или закрашивая их специальным средством.

Структурные части расчетно-пояснительной записки следует брошюровать в таком порядке: титульный лист; задание; содержание; введение; основная часть; список использованной литературы;

приложения (при необходимости). Следует иметь в виду, что перенос слов при оформлении титульного листа не допускается.

Оформление текста расчетно-пояснительной записки – см. ГОСТ 2.105—95.

Содержание расчетно-пояснительной записки предназначено для облегчения поиска необходимых материалов при ее чтении. Оно должно включать в себя перечень заголовков разделов и подразделов записки, начиная с введения и кончая приложением, с указанием номера листа, где начинается тот или иной раздел. Слово «Содержание» записывают прописными буквами симметрично тексту. Номера листов проставляют столбиком в правой части листа содержания напротив каждого заголовка, подзаголовка, вверху над столбиком цифр указывают слово «Лист».

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

–оценку «отлично» получает обучающийся если оформление РГР и решение задач соответствуют требованиям,

–оценку «хорошо» получает обучающийся если оформление РГР и решение задач соответствуют требованиям, присутствуют незначительные ошибки, которые студент исправил при консультации с преподавателем.

–оценку «удовлетворительно» получает обучающийся если оформление РГР и решение задач соответствуют требованиям, присутствуют незначительные ошибки, которые студент не смог исправить при консультации с преподавателем.

– оценку «неудовлетворительно» получает обучающийся если оформление и объем реферата не соответствуют требованиям, или присутствуют значительные ошибки, которые студент не смог исправить при консультации с преподавателем.

7.2. Рекомендации по самостоятельному изучению тем

ВОПРОСЫ для самостоятельного изучения темы

«Вращательное движение твёрдого тела. Определение скорости и ускорений твёрдого тела»

- 1.Какое движение твердого тела называется поступательным? Основное свойство поступательного движения.
- 2.Какое движение твердого тела называется вращательным?
3. Какую траекторию описывает точка твердого тела при вращательном движении?
4. Что называется осью вращения?
- 5.Что называется углом поворота?
- 6.Как направлена скорость точки при вращательном движении?
7. Что называется угловой скоростью вращательного движения?
8. Как направлен вектор угловой скорости тела?
9. Что называется угловым ускорением?
10. В каких единицах измеряется угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение?
11. Формула скорости точки при вращательном движении тела.
12. В каких единицах измеряется скорость и ускорение точки?
13. Как относятся скорости двух точек вращающегося тела?
14. Как направлено и чему равно нормальное ускорение точки?
15. Как направлено и чему равно касательное ускорение точки?
16. Какое ускорение имеет точка при равномерном вращении тела во круг оси?
- 17.Чему равен модуль полного ускорения точки?
- 18.Как осуществляется передача вращательного движения при внешнем зацеплении?
- 19.Как осуществляется передача вращательного движения при внутреннем зацеплении?
20. Как связаны угловые скорости двух вращающихся тел, находящихся в зацеплении, внешнем и внутреннем?
21. Как связаны угловые скорости вращающихся тел, связанных ременной передачей?

ВОПРОСЫ для самостоятельного изучения темы

«Теорема об изменении кинетической энергии механической системы»

1. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии тела.
2. Что такое кинетическая энергия движущегося тела?
3. Запишите формулу кинетической энергии тела.

ВОПРОСЫ для самостоятельного изучения темы «Аналитическая статика»

- Вопрос 1. Ретроспектива развития статики как раздела механики.
- Вопрос 2. Предмет статики. Основные задачи статики.
- Вопрос 3. Понятие материальной точки. Определение механической системы. Определение абсолютно твердого тела.
- Вопрос 4. Понятие силы и системы сил. Равновесная система сил. Эквивалентные системы сил. Вопрос 5. Равнодействующая сила. Уравновешивающая сила.
- Вопрос 6. Геометрическая связь. Реакция связи.
- Вопрос 7. Аксиомы статики.
- Вопрос 8. Трение скольжения.
- Вопрос 9. Основные этапы решения задач статики.
- Вопрос 10. Понятие момента силы относительно точки.
- Вопрос 11. Пара сил. Момент пары сил на плоскости. Сумма моментов сил пары.
- Вопрос 12. Теорема об эквивалентных парах. Следствия.
- Вопрос 13. Сложение и условие равновесия системы пар на плоскости.
- Вопрос 14. Лемма Пуансо о переносе силы.
- Вопрос 15. Приведение плоской системы сил к данному центру. Главный вектор системы сил, главный момент системы сил.
- Вопрос 16. Условия равновесия произвольной плоской системы сил.
- Вопрос 17. Теорема Вариньона.
- Вопрос 18. Сложение двух параллельных сил.

ВОПРОСЫ для самостоятельного изучения темы

«Аналитическая динамика»

1. Аксиомы динамики. Две основные задачи динамики.
2. Основной закон динамики материальной точки.
3. Дифференциальные уравнения движения материальной точки (в векторной, координатной и естественной формах).
4. Уравнения относительного движения материальной точки. Переносная и кориолисова силы инерции.
5. Принцип относительности классической механики. Уравнения относительного покоя материальной точки.
6. Механическая система. Классификация сил. Свойства внутренних сил.
7. Уравнения движения механической системы.
8. Теорема о движении центра масс механической системы. Следствия.
9. Теорема об изменении количества движения механической системы. Следствия.
10. Вычисление координат центра масс и количества движения механической системы.

Общий алгоритм самостоятельного изучения темы

1) Ознакомиться с рекомендованной учебной литературой и электронными ресурсами по теме (ориентируясь на вопросы для самоконтроля).
2) На этой основе составить развёрнутый план изложения темы
3) Выбрать форму отчетности конспектов (план – конспект, текстуальный конспект, свободный конспект, конспект – схема)
2) Оформить отчётный материал в установленной форме в соответствии методическими рекомендациями
3) Провести самоконтроль освоения темы по вопросам, выданным преподавателем
4) Предоставить отчётный материал преподавателю по согласованию с ведущим преподавателем
5) Подготовиться к предусмотренному контрольно-оценочному мероприятию по результатам самостоятельного изучения темы
6) Принять участие в указанном мероприятии, пройти рубежное тестирование по разделу на аудиторном занятии и заключительное тестирование в установленное для внеаудиторной работы время

7.2.1 ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ самостоятельного изучения темы

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся оформил отчетный материал в виде доклада на основе самостоятельного изученного материала, смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.
- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся неаккуратно оформил отчетный материал в виде доклада на основе самостоятельного изученного материала, не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.

8. Текущий (внутрисеместровый) контроль хода и результатов учебной работы обучающегося

8.1. Текущий контроль успеваемости

В течение семестра, проводится текущий контроль успеваемости по дисциплине в форме тестирования, к которому обучающийся должен быть подготовлен.

Отсутствие пропусков аудиторных занятий, активная работа на лабораторных занятиях, общее выполнение графика учебной работы являются основанием для получения положительной оценки по текущему контролю.

9. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу

Зачет выставляется обучающемуся по факту выполнения графика учебных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. По итогам изучения дисциплины, студенты проходят заключительное тестирование. Тестирование является формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин.

9.1 Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины:	
1) действующее «Положение о текущем контроле успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) и среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Омский ГАУ»	
9.2. Основные характеристики промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины	
Цель промежуточной аттестации -	установление уровня достижения каждым обучающимся целей и задач обучения по данной дисциплине, изложенным в п.2.2 настоящей программы
Форма промежуточной аттестации -	зачет
Место процедуры получения зачёта в графике учебного процесса	1) участие обучающегося в процедуре получения зачёта осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на изучение дисциплины
	2) процедура проводится в рамках ВАРС, на последней неделе семестра
Основные условия получения обучающимся зачёта:	1) обучающийся выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине; 2) прошёл заключительное тестирование; 3) подготовил полноценное учебное портфолио.
Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков:	

9.1. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины

По итогам изучения дисциплины, обучающиеся проходят заключительное тестирование. Тестирование является формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин.

9.1.1 Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины

Тестирование осуществляется по всем темам и разделам дисциплины, включая темы, выносимые на самостоятельное изучение.

Процедура тестирования ограничена во времени и предполагает максимальное сосредоточение обучающегося на выполнении теста, содержащего несколько тестовых заданий.

Тестирование проводится в письменной форме (на бумажном носителе) или в ИОСе. Тест включает в себя 30 вопросов. Время, отводимое на выполнение теста - 30 минут. В каждый вариант теста включаются вопросы в следующем соотношении: закрытые (одиночный выбор) – 25-30%, закрытые (множественный выбор) – 25-30%, открытые – 25-30%, на упорядочение и соответствие – 5-10%

На тестирование выносятся по 10 вопросов из каждого раздела дисциплины.

Бланк теста

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Тестирование по итогам освоения дисциплины «Теоретическая механика»
ФИО _____ группа _____

Дата _____

Уважаемые обучающиеся!

Прежде чем приступить к выполнению заданий внимательно ознакомьтесь с инструкцией:

1. Отвечая на вопрос с выбором правильного ответа, правильный, на ваш взгляд, ответ (ответы) обведите в кружок.
2. В заданиях открытой формы впишите ответ в пропуск.
3. В заданиях на соответствие заполните таблицу.
4. В заданиях на правильную последовательность впишите порядковый номер в квадрат.
4. Время на выполнение теста – 30 минут
5. За каждый верный ответ Вы получаете 1 балл, за неверный – 0 баллов.

Максимальное количество полученных баллов 30.

Желаем удачи!

9.3.1 ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

ответов на тестовые вопросы тестирования по итогам освоения дисциплины

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если получено более 61% правильных ответов.
- оценка «незачтено» выставляется обучающемуся, если получено менее 61% правильных ответов.

10. Информационное и методическое обеспечение учебного процесса по дисциплине

В соответствии с действующими государственными требованиями для реализации учебного процесса по дисциплине обеспечивающей кафедрой разрабатывается и постоянно совершенствуется учебно-методический комплекс (УМКД), соответствующий данной рабочей программе и прилагаемый к ней. При разработке УМКД кафедра руководствуется установленными университетом требованиями к его структуре, содержанию и оформлению. В состав УМКД входят перечисленные ниже и другие источники учебной и учебно-методической информации, средства наглядности.

Предусмотренная рабочей учебной программой учебная и учебно-методическая литература размещена в фондах НСХБ и/или библиотеке обеспечивающей преподавание кафедры.

Учебно-методические материалы для обеспечения самостоятельной работы обучающихся размещены в электронном виде в ИОС ОмГАУ-Moodle (<http://do.omgau.ru/course/view.php?id>), где:

- обучающийся имеет возможность работать с изданиями ЭБС и электронными образовательными ресурсами, указанными в рабочей программе дисциплины, отправлять из дома выполненные задания и отчёты, задавать на форуме вопросы преподавателю или сокурсникам;
- преподаватель имеет возможность проверять задания и отчёты, оценивать работы, давать рекомендации, отвечать на вопросы (обратная связь), вести мониторинг выполнения заданий (освоения изучаемых разделов) по конкретному студенту и группе в целом, корректировать (в случае необходимости) учебно-методические материалы.

ПЕРЕЧЕНЬ литературы, рекомендуемой для изучения дисциплины Теоретическая механика (на 2021/22 уч. год)	
Автор, наименование, выходные данные	Доступ
1	2
Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике : учебное пособие / И. В. Мещерский ; под редакцией В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. — 52-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-4190-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/115729 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	http://e.lanbook.com

Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики : учебное пособие / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. — 12-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 732 с. — ISBN 978-5-8114-5552-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/143116 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	http://e.lanbook.com
Диевский, В. А. Теоретическая механика. Интернет-тестирование базовых знаний : учебное пособие / В. А. Диевский, А. В. Диевский. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-1058-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167738 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	http://e.lanbook.com
Цивильский, В. Л. Теоретическая механика: учебник / Цивильский В.Л., - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва :КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 368 с.: - ISBN 978-5-906923-71-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/939531 . — Режим доступа: по подписке.	http://znanium.com
Автомобильная промышленность : ежемес. науч.-техн. журн. - М. : Машиностроение ; М., 1930 -	НСХБ

**ПЕРЕЧЕНЬ
РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»
И ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ УНИВЕРСИТЕТА,
необходимых для освоения дисциплины
Теоретическая механика
(на 2021/22 уч. год)**

1. Удаленные электронные сетевые учебные ресурсы временного доступа, сформированные на основании прямых договоров с правообладателями (электронные библиотечные системы – ЭБС), информационные справочные системы	
Наименование	Доступ
Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM	http://znanium.com
Электронно-библиотечная система «Издательства Лань»	http://e.lanbook.com
Электронно-библиотечная система «Электронная библиотека технического ВУЗа» («Консультант студента»)	http://www.studentlibrary.ru
Справочная правовая система КонсультантПлюс	Локальная сеть университета
2. Электронные сетевые учебные ресурсы открытого доступа:	
Профессиональные базы данных	https://clck.ru/MC8Aq

Форма титульного листа РГР

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Факультет Технического сервиса в АПК

Кафедра Технического сервиса, механики и электротехники

Расчётно –графическая работа
по дисциплине Теоретическая механика

Выполнил(а): ст. ____ группы

ФИО _____

Проверил(а): уч. степень, должность

ФИО _____

Омск – ____ г.

Результаты проверки РГР					
№ п/п	Оцениваемая компонента реферата и/или работы над ним	Оценочное заключение преподавателя			
		по данной компоненте			
		Она сформирована на уровне			
		высоком	среднем	минимально приемлемом	ниже приемлемого
1	Соблюдение срока сдачи работы				
2	Оценка содержания РГР				
3	Оценка оформления РГР				
4	Оценка качества подго- товки РГР				
5	Оценка выступления с докладом и ответов на вопросы				
6	Степень самостоятель- ности обучающегося при под- готовке РГР				

Общие выводы и замечания по реферату		
Реферат принят с оценкой:		
	(оценка)	(дата)
Ведущий преподаватель дисциплины		
	(подпись)	И.О. Фамилия
Обучающийся		
	(подпись)	И.О. Фамилия