

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина



УТВЕРЖДАЮ

Директор
(подпись)

Иоцев Г.В.
(ФИО)

3 сентября 2026г.

Вычислительный практикум по теоретической механике

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта
Учебный план	Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе:	
аудиторные занятия	34
самостоятельная работа	37,9

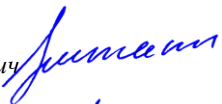
Виды контроля в семестрах:
зачет 5

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
Неделя	17 2/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	34	34	34	34
Контактная работа в период теоретического обучения	0,1	0,1	0,1	0,1
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34,1	34,1	34,1	34,1
Сам. работа	37,9	37,9	37,9	37,9
Итого	72	72	72	72

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич



к.т.н, Джаманкулов Азамат Кенешбекович



Рецензент(ы):

к.ф.-м.н., Комарцов Никита Михайлович

д.т.н, Муслимов Аннас Поясович



Согласовано РОП:

к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич



Рабочая программа дисциплины

Вычислительный практикум по теоретической механике

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 729)

составлена на основании учебного плана:

Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика

Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"

утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании **Вышей школы Природопользования, мехатроники и транспорта**

Протокол от 02.09.2026 г. № 1

Срок действия программы: 2026-2032 уч.г.

Руководитель подразделения: Алсеитов Мирлан Тилегенович



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Вычислительный практикум по теоретической механике

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	формирование у студентов навыков применения современных вычислительных методов для решения задач теоретической механики. Дисциплина направлена на освоение методов математического и компьютерного моделирования механических систем, включая постановку задач, построение расчетных моделей и интерпретацию результатов. Особое внимание уделяется применению вычислительных технологий для решения задач кинематики, динамики и статики, а также визуализации и анализа полученных результатов. В результате освоения дисциплины студент приобретает практический опыт использования вычислительных инструментов для исследования и решения инженерно-механических задач.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:		Б1.О.3
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Информационные технологии и основы информационной безопасности (Модуль: Введение в информационные технологии)	
2.1.2	Б1.О.3.02. Теоретическая механика	
2.1.3	Б1.О.3.03. Сопротивление материалов	
2.1.4	Б1.О.3.01. Введение в профессиональную деятельность	
2.1.5	Б1.О.2.02. Математический анализ	
2.1.6	Б1.О.3.13. Уравнения математической физики	
2.1.7	Б1.О.2.01. Введение в высшую математику	
2.1.8	Б1.О.3.10. Вариационное исчисление	
2.1.9	Б1.О.3.08. Использование современного программного комплекса mat lab	
2.1.10	Б1.О.2.03. Линейная алгебра и аналитическая геометрия	
2.1.11	Б1.О.2.04. Дифференциальные уравнения	
2.1.12	Б1.О.2.05. Теория вероятностей и математическая статистика	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Б3.О.03. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Б1.О.2.08. Основы проектной деятельности	
2.2.3	Б2.В.01(П). Технологическая (проектно-технологическая) практика	
2.2.4	Б2.О.02(Пд). Преддипломная практика	
2.2.5	Б3.О.02. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена	
2.2.6	Б1.В.1.ДВ.03.01. Численные методы в прикладной механике	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

Знать:	
Уровень 1	- архитектуру вычислительных сетей, технологии распределенной обработки, сетевые технологии; - методы и средства проектирования программных средств, компоненты системного программного обеспечения и технологии их разработки; - основные направления современных информационных технологий
Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	- выбирать методы решения, соответствующие задачам профессиональной деятельности; - использовать современные информационные технологии для решения задач; - интерпретировать полученные результаты.
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	- теоретическими знаниями для разработки программ с использованием современных технологий; - навыками проведения анализа и принятия решений, согласно задачам профессиональной деятельности
Уровень 2	
Уровень 3	

ОПК-10: Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах;	
Знать:	
Уровень 1	-Основы производственной и экологической безопасности на рабочих местах. -Структуру основных видов, методов и средств защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	-Обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах. -Использовать методы средства защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	-навыками обеспечения производственной и экологической безопасности на рабочих местах. -навыками использования основных методов и средств самозащиты от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.
Уровень 2	
Уровень 3	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные вычислительные методы решения задач теоретической механики;
3.1.2	принципы математического и компьютерного моделирования механических систем;
3.1.3	основные программные и вычислительные средства, применяемые для решения механических задач;
3.1.4	методы анализа, проверки и интерпретации результатов вычислений.
3.2	Уметь:
3.2.1	формулировать механическую задачу и преобразовывать её в расчетную модель;
3.2.2	составлять и решать математические модели задач статики, кинематики и динамики;
3.2.3	применять компьютерные средства для численного решения задач теоретической механики;
3.2.4	визуализировать, анализировать и оценивать достоверность полученных результатов
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками алгоритмизации и вычислительного решения задач механики;
3.3.2	методами численного моделирования механических систем;
3.3.3	навыками работы с программными средствами математических и инженерных расчетов;
3.3.4	навыками интерпретации результатов вычислений и подготовки расчетно-графической документации.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте. ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. Построение расчётной модели механической системы							

1.1	Подготовка механической задачи к компьютерному решению. Выбор объекта исследования и его идеализация: материальная точка, абсолютно твёрдое тело, система тел. Определение исходных данных, неизвестных величин, системы координат и единиц измерения. Составление последовательности вычислений: механическая схема, уравнения, алгоритм, программная реализация, проверка. Организация расчётного файла: параметры, вычислительные функции, результаты и графики. Проверка размерностей и воспроизводимости расчёта на простом примере. /Пр/	5	2	ОПК-4 ОПК-10	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
1.2	Равновесие материальной точки и плоской системы сходящихся сил. Представление сил через проекции на координатные оси. Построение расчётной схемы узла, удерживаемого стержнями или тросами. Составление системы линейных уравнений равновесия. Вычисление неизвестных усилий и интерпретация их знаков. Проверка решения по невязке уравнений и исследование влияния угла приложения силы. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
1.3	Определение опорных реакций твёрдого тела /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
1.4	Исследование равновесия системы с сухим трением /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

1.5	Подготовка расчётной модели. Оформление схемы индивидуального объекта, таблицы исходных данных и последовательности вычислений. Равновесие сходящихся сил. Расчёт усилий при нескольких направлениях внешней нагрузки и объяснение изменения результатов. Опорные реакции. Исследование зависимости реакций балки от положения сосредоточенной силы. Предельное равновесие с трением. Построение зависимости критического угла наклона от коэффициента трения. /Ср/	5	7,9	ОПК-4 ОПК-10	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
	Раздел 2. Компьютерный анализ и численное решение задач							
2.1	Кинематический анализ движения точки по заданному закону. Задание движения точки координатным и параметрическим способами. Определение проекций скорости и ускорения аналитическим дифференцированием. Расчёт модулей скорости, касательного и нормального ускорений. Построение траектории и временных зависимостей кинематических характеристик. Проверка результатов для отдельных моментов времени и предельных случаев. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.2	Определение скорости и ускорения по табличным данным. Подготовка таблицы координат точки на равномерной временной сетке. Вычисление производных центральными и односторонними разностями. Сравнение численных производных с аналитическими на тестовом движении. Исследование влияния шага сетки и погрешностей координат на результат. Обоснование точности представления вычисленных скоростей и ускорений. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

2.3	Кинематический анализ вращательного и плоскопараллельного движения тела. Вычисление угловой скорости и углового ускорения по заданному закону поворота. Определение скорости точки тела при вращении вокруг неподвижной оси. Раздельное вычисление вращательной и центростремительной составляющих ускорения. Определение скоростей и ускорений точек при плоскопараллельном движении через выбранный полюс. Построение векторных схем для нескольких положений тела. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.4	Кинематический расчёт кривошипно-ползунного механизма. Задание геометрических параметров механизма и закона вращения кривошипа. Вычисление положения ползуна по уравнению геометрической связи. Определение скорости и ускорения ползуна по подготовленным зависимостям. Построение графиков перемещения, скорости и ускорения за один оборот. Проверка крайних положений и исследование влияния отношения длин звеньев. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.5	Численное интегрирование уравнения движения материальной точки. Преобразование уравнения второго порядка в систему уравнений первого порядка. Задание начальных условий и интервала интегрирования. Реализация метода Эйлера и применение подготовленной реализации метода Рунге — Кутты четвёртого порядка. Сравнение численного и аналитического решений тестовой задачи. Исследование изменения ошибки при уменьшении шага интегрирования. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

2.6	Моделирование движения точки в поле тяжести с сопротивлением среды. Построение модели движения при линейном сопротивлении, пропорциональном скорости. Составление уравнений движения в проекциях на координатные оси. Численное определение координат и скорости при заданных начальных условиях. Определение момента достижения заданной высоты или поверхности с помощью функции события. Сравнение траекторий при наличии и отсутствии сопротивления. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.7	Динамика вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Составление уравнения вращения с учётом момента инерции. Задание движущего момента и момента сопротивления. Численное определение угловой скорости и угла поворота. Расчёт работы моментов и изменения кинетической энергии. Исследование влияния момента инерции и сопротивления на разгон тела. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.8	Свободные колебания системы с одной степенью свободы. Построение модели «масса — пружина — вязкий демпфер». Составление уравнения движения относительно положения равновесия. Расчёт свободных колебаний при заданных начальных условиях. Сравнение колебательного, критического и апериодического режимов. Построение временных зависимостей, фазовых траекторий и графика механической энергии. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

2.9	Вынужденные колебания при гармоническом воздействии. Задание гармонической силы и параметров механической системы. Численное разделение переходного процесса и установившихся колебаний. Определение амплитуды установившегося движения для нескольких частот воздействия. Построение амплитудно-частотной зависимости. Исследование влияния демпфирования на амплитуду и положение резонансного максимума. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.10	Нелинейные колебания математического маятника. Составление уравнения движения без замены синуса угла самим углом. Численное моделирование движения при разных начальных отклонениях. Сравнение нелинейной модели с приближением малых колебаний. Определение периода по последовательным событиям одинаковой фазы. Проверка сохранения механической энергии при отсутствии сопротивления. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.11	Расчёт движения системы со связью методом Лагранжа. Выбор обобщённой координаты для цилиндра, катящегося по наклонной плоскости без проскальзывания. Учёт связи между поступательным перемещением и углом поворота. Выражение кинетической и потенциальной энергий через выбранную координату. Получение уравнения Лагранжа второго рода и его компьютерное решение. Сравнение результата с решением через теоремы динамики и проверка допустимости принятой связи. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

2.12	Проверка достоверности и исследование чувствительности расчётной модели. Сопоставление результата с аналитическим решением или проверенным частным случаем. Проверка невязок, начальных условий, связей и энергетического баланса. Исследование сходимости при изменении шага или допусков решателя. Разделение влияния вычислительной ошибки и изменения исходных параметров. Определение диапазона применимости модели на примере одной из ранее выполненных работ. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.13	Комплексное вычислительное исследование механической системы. Выполнение итогового расчёта по индивидуальному варианту на основе ранее разработанной модели. Обоснование расчётной схемы, допущений и выбранного способа решения. Проведение серии расчётов при изменении одного определяющего параметра. Представление графиков, результатов проверок и механической интерпретации. Защита расчёта с изменением одного исходного параметра и объяснением полученного результата. /Пр/	5	2	ОПК-4	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

2.14	Кинематика точки. Расчёт траектории, скорости и ускорения по индивидуально заданному закону движения. Численное дифференцирование. Сравнение ошибок определения скорости и ускорения на нескольких временных сетках. Кинематика твёрдого тела. Определение скоростей и ускорений выбранных точек тела и подготовка векторных схем. Кривошипно-ползунный механизм. Сравнение кинематических характеристик при двух значениях длины шатуна. Методы интегрирования. Подготовка таблицы ошибок методов Эйлера и Рунге — Кутты при последовательном уменьшении шага. Движение с сопротивлением среды. Исследование влияния коэффициента сопротивления на дальность и продолжительность движения. Вращение твёрдого тела. Расчёт разгона при изменении момента инерции и проверка баланса работы и энергии. Свободные колебания. Сравнение режимов движения при разных значениях коэффициента вязкого сопротивления. Вынужденные колебания. Построение амплитудно-частотных зависимостей для двух значений демпфирования. Нелинейный маятник. Исследование зависимости периода от начального угла отклонения. Система со связью. Вывод уравнения движения катящегося тела и сопоставление результатов для разных моментов инерции. Проверка вычислительного решения. Подготовка протокола проверок выбранной модели и объяснение обнаруженных расхождений. Итоговое исследование. Подготовка воспроизводимого расчётного файла, краткого отчёта и материалов для защиты. /Ср/	5	30	ОПК-4 ОПК-10	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.15	консультации и подготовка к зачету /КрТО/	5	0,1	ОПК-4 ОПК-10	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.2			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Раздел 1. Построение расчётной модели

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам выбирают модель материальной точки или абсолютно твёрдого тела?
 2. Какие исходные данные необходимы для решения задач статики и динамики?
 3. Чем механическая модель отличается от алгоритма её численного решения?
 4. Какие ошибки можно обнаружить проверкой размерностей?
 5. Какие сведения следует сохранить, чтобы другой пользователь мог воспроизвести расчёт?
- Задание: для груза, движущегося по наклонной направляющей, составить расчётную схему, перечислить действующие силы, выбрать координату и указать необходимые исходные данные.

Раздел 2. Статика

Контрольные вопросы:

1. Как задаются проекции силы и момент силы относительно точки?
2. Какие реакции соответствуют различным идеальным связям?
3. Как определить равнодействующую распределённой нагрузки и точку её приложения?
4. Почему число уравнений само по себе не гарантирует единственность решения?
5. Что показывает невязка системы уравнений равновесия?
6. Чем сила трения покоя отличается от её предельного значения?

Задания:

1. Рассчитать реакции шарнирно опёртой балки длиной 3 м при вертикальной силе 2 кН, приложенной на расстоянии 1 м от левой опоры, и равномерной нагрузке 1 кН/м по всей длине. Проверить суммы сил и моментов.
2. Для тела на наклонной плоскости с коэффициентом трения покоя 0,25 определить критический угол наклона. Построить зависимость критического угла от коэффициента трения в диапазоне 0,1–0,5.

Раздел 3. Кинематика

Контрольные вопросы:

1. Как получить скорость и ускорение из координатного закона движения?
2. Как связаны касательное ускорение и изменение модуля скорости?
3. Как определить нормальное ускорение и радиус кривизны траектории?
4. Почему численное определение ускорения чувствительно к погрешностям координат?
5. Как определяются скорости точек тела при плоскопараллельном движении?
6. Какие проверки позволяют обнаружить ошибку в кинематическом расчёте механизма?

Задания:

1. Для движения $x(t)=0,5t^2$, $y(t)=0,1t^3$, где координаты выражены в метрах, время — в секундах, определить скорость и ускорение на интервале от 0 до 3 с. Построить траекторию и временные зависимости.
2. Получить таблицу координат этого движения с шагами 0,2; 0,1 и 0,05 с. Вычислить производные разностными формулами и сравнить ошибки во внутренних узлах сетки.
3. Для центрального кривошипно-ползунного механизма с длиной кривошипа 0,05 м, длиной шатуна 0,20 м и постоянной угловой скоростью кривошипа 10 рад/с построить зависимости перемещения, скорости и ускорения ползуна за один оборот.

Раздел 4. Динамика

Контрольные вопросы:

1. Как преобразовать уравнение движения второго порядка в систему первого порядка?
2. Сколько начальных условий требуется для плоского движения материальной точки?
3. Чем отличаются погрешность одного шага и накопленная ошибка интегрирования?
4. Почему уменьшение шага не исправляет ошибочную механическую модель?
5. Как сформулировать условие остановки интегрирования при достижении поверхности?
6. Как проверить расчёт вращательного движения через работу и кинетическую энергию?

Задания:

1. Решить задачу свободного падения без сопротивления из состояния покоя с высоты 20 м методами Эйлера и Рунге — Кутты. Сопоставить результаты с аналитическим решением до момента достижения поверхности.
2. Для точки массой 1 кг, брошенной с поверхности со скоростью 20 м/с под углом 45°, рассчитать движение при сопротивлении $F_{\text{тр}} = -b\mathbf{v}$, где $b=0,2$ кг/с. Принять $g=9,81$ м/с². Определить время полёта и дальность.
3. Рассчитать вращение тела с моментом инерции 0,5 кг·м² из состояния покоя при движущем моменте 2 Н·м и моменте сопротивления $M = -c\omega$, где $c=0,1$ Н·м·с. Построить зависимости угловой скорости и угла поворота за 10 с.

Раздел 5. Колебания и системы со связями

Контрольные вопросы:

1. Как определяются собственная частота и критическое демпфирование системы с одной степенью свободы?
2. Чем различаются колебательный, критический и апериодический режимы?
3. Как отделить переходный процесс от установившихся вынужденных колебаний?
4. Как демпфирование влияет на резонансную кривую?
5. Как установить допустимость приближения малых колебаний маятника?
6. Как связь качения без проскальзывания учитывается при выборе обобщённой координаты?

Задания:

1. Для системы с массой 2 кг и жёсткостью 200 Н/м рассчитать свободное движение при начальном смещении 0,02 м и нулевой начальной скорости. Сравнить случаи коэффициента вязкого сопротивления 0; 10; 40 и 60 Н·с/м.
 2. Для той же системы при коэффициенте сопротивления 10 Н·с/м и силе $F(t) = 5 \sin(\Omega t)$ Н построить амплитудно-частотную зависимость в диапазоне $(\Omega = 2 \dots 18)$ рад/с. Обосновать выбранную продолжительность расчёта.
 3. Сравнить периоды математического маятника длиной 1 м при начальных отклонениях 5°, 30° и 60° и нулевой начальной угловой скорости. Проверить энергетический баланс.
 4. Получить уравнение движения однородного сплошного цилиндра, катящегося без проскальзывания по наклонной плоскости. Сопоставить решение методом Лагранжа и через уравнения поступательного и вращательного движения.
- Раздел 6. Проверка и представление результатов

Контрольные вопросы:

1. Чем проверка программной реализации отличается от проверки соответствия модели реальному объекту?
2. Какие проверки можно выполнить при отсутствии аналитического решения?
3. Почему малой невязки недостаточно для полной оценки достоверности результата?
4. Как сравнивать решения, полученные на разных временных сетках?
5. Как отличить чувствительность модели к параметрам от вычислительной неустойчивости?
6. Какие выводы нельзя делать только по внешнему виду графика?

Задания:

1. Для одной выполненной работы провести не менее трёх независимых проверок результата.
2. Найти и исправить ошибки в предложенном расчёте: смещение градусов и радиан, неверный знак сопротивления, перестановка начальных условий или неправильные единицы измерения.
3. Изменить один параметр модели на $\pm 10\%$, сравнить результаты и объяснить механическую причину изменений.
5. Контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации в аннотации не указана. Следующие вопросы и задания могут использоваться при её последующем уточнении.

Контрольные вопросы

1. Последовательность перехода от физического объекта к компьютерной модели механической системы.
2. Выбор идеализации, координат, параметров и допущений.
3. Составление и компьютерное решение уравнений равновесия.
4. Проверка статического расчёта по невязкам и независимым уравнениям.
5. Учёт сухого трения в задачах равновесия.
6. Определение кинематических характеристик по аналитическим законам движения.
7. Численное дифференцирование табличных данных и оценка его погрешности.
8. Кинематические соотношения при вращении и плоскопараллельном движении тела.
9. Построение и проверка кинематической модели механизма.
10. Представление уравнений движения в форме системы первого порядка.
11. Выбор начальных условий и интервала интегрирования.
12. Методы Эйлера и Рунге — Кутты и исследование сходимости решения.
13. Назначение абсолютного и относительного допусков адаптивного решателя.
14. Моделирование сопротивления среды и обнаружение событий.
15. Динамика вращения вокруг неподвижной оси и энергетическая проверка.
16. Свободные и вынужденные колебания системы с одной степенью свободы.
17. Линейная и нелинейная модели математического маятника.
18. Выбор обобщённых координат и применение уравнений Лагранжа.
19. Проверка законов сохранения и баланса энергии.
20. Анализ чувствительности, ограничения модели и представление результатов расчёта.

Типовые комплексные задания

Задание 1. Статический расчёт с изменяемым положением нагрузки

Для шарнирно опёртой балки длиной 4 м определить реакции от вертикальной силы 3 кН, положение которой изменяется от 0,5 до 3,5 м от левой опоры, и равномерной нагрузки 0,5 кН/м по всей длине.

Требуется составить расчётную схему и уравнения, выполнить серию расчётов, построить зависимости реакций от положения силы и проверить равновесие для трёх положений нагрузки.

Задание 2. Кинематическое исследование механизма

Для центрального кривошипно-ползунного механизма с кривошипом длиной 0,04 м и угловой скоростью 15 рад/с сравнить движение ползуна при длине шатуна 0,16 и 0,24 м.

Требуется получить зависимости перемещения, скорости и ускорения за один оборот, определить их характерные значения и проверить ускорение в одном положении независимым способом.

Задание 3. Динамика точки с сопротивлением среды

Для тела массой 0,5 кг, брошенного с высоты 2 м со скоростью 15 м/с под углом 40° к горизонту, рассчитать движение при линейном сопротивлении с коэффициентом 0,05 и 0,15 кг/с. Принять $g = 9,81$ м/с².

Требуется составить уравнения, определить момент достижения поверхности, сравнить дальность и максимальную высоту, проверить результат при нулевом сопротивлении и более строгих допусках решателя.

Задание 4. Исследование вынужденных колебаний

Для системы с массой 1 кг, жёсткостью 100 Н/м и гармонической силой амплитудой 2 Н исследовать установившиеся колебания при коэффициентах вязкого сопротивления 1 и 4 Н·с/м.

Требуется построить амплитудно-частотные зависимости, обосновать исключение переходного процесса, сопоставить численные амплитуды с аналитическими и объяснить влияние демпфирования.

Задание 5. Движение тела со связью

Однородный сплошной цилиндр массой 2 кг и радиусом 0,1 м начинает катиться из состояния покоя по наклонной

плоскости с углом 20° . Коэффициент трения покоя равен 0,3; сопротивлением качению пренебречь.
Требуется получить уравнение движения методом Лагранжа, рассчитать перемещение и скорость центра масс за 1 с, проверить баланс энергии и достаточность трения для качения без проскальзывания.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

курсовых работ не предусмотрено

5.3. Фонд оценочных средств

проверки и интерпретации результатов. Предусмотрены текущий контроль, комплексная промежуточная аттестация и материалы для преподавателя.

1 Паспорт фонда

Параметр Содержание

Основание Аннотация дисциплины, утверждённая 3 сентября 2026 г.

Место в программе Б1.О.3; индивидуальный шифр дисциплины в аннотации не указан

Общая трудоёмкость 72 академических часа

Практические занятия 34 часа; 17 работ по 2 часа

Самостоятельная работа 37,9 часа

Иная контактная работа 0,1 часа, указанного в таблице аннотации

Лекции и лабораторные Отдельные часы в аннотации не выделены

Компетенции ОПК-4; ОПК-10

Промежуточная аттестация Форма определяется утверждённым учебным планом

Предлагаемая модель оценивания: 60 баллов за текущий контроль и 40 баллов за промежуточную аттестацию. Шкала и процедура подлежат согласованию с локальным положением университета; они не приводятся как уже действующие требования.

Числовые данные заданий являются учебными условиями. Для задач динамики принять $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, если не оговорено иное. Единицы — СИ. Собственный вес балок и звеньев не учитывать, если он явно не задан.

2 Результаты обучения и связь с компетенциями

ОПК-4 — «Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности».

ОПК-10 — «Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах».

Приведённые ниже обозначения Р1–Р6 введены только для данного ФОС и не заменяют утверждённые индикаторы ОПОП.

ОПК-10 оценивается в части, доступной вычислительному практикуму; полный объём компетенции данным фондом не подтверждается.

Код Наблюдаемое действие Компетенция Средства

Р1 Выбирает идеализацию, координаты, силы, связи и допущения ОПК-4 ПР 1–5, 8, 10–15; КР; итоговая задача

Р2 Составляет уравнения и реализует воспроизводимый расчёт ОПК-4 ПР 2–15; КР 1 и 2; итоговая задача

Р3 Выбирает метод, начальные условия, шаг или допуски ОПК-4 ПР 6, 9–16; тест; КР 2

Р4 Проверяет решение по эталону, невязке, сходимости и балансу энергии ОПК-4 ПР 2–17; КР; итоговая задача

Р5 Строит корректные графики и объясняет механический смысл результатов ОПК-4 Отчёты и защиты ПР; промежуточная аттестация

Р6 Распознаёт опасную ситуацию на рабочем месте; объясняет ограничения использования учебного расчёта

ОПК-10 Ситуационные задания С1 и С2; защиты ПР 1 и 17

Матрица охвата содержания

Раздел ПР Часы Контроль

Расчётная модель 1 2 Отчёт, защита, С1

Статика 2–4 6 Отчёты, тест, КР 1

Кинематика 5–8 8 Отчёты, тест, КР 1

Динамика 9–11 6 Отчёты, тест, КР 2

Колебания и связи 12–15 8 Отчёты, КР 2

Проверка и исследование 16–17 4 Отчёты, защиты, С2

Итого 34

3 Организация контроля и шкала оценивания

Оценочное средство Число Баллы за единицу Максимум

Практические работы с защитой 17 2 34

Тест 1 10 10

Компьютерные контрольные работы 2 8 16

Текущий контроль всего 60

Теоретические вопросы на аттестации 2 5 10

Комплексная расчётная задача 1 25 25

Защита итоговой задачи 1 5 5

Промежуточная аттестация всего 40

Общий итог 100

Порядок текущего контроля

Практические работы выполняются индивидуально. Парное обсуждение допускается, но расчётный файл, выводы и

защита каждого студента самостоятельны. Самостоятельная работа входит в подготовку и доработку отчётов и не оценивается повторно отдельными баллами.

КР 1 проводится после ПР 8, КР 2 — после ПР 15. Тест выполняется после ПР 16. Контроль включается в часы практических занятий; отдельные часы сверх 34 не вводятся. ПР 17 завершает текущий контроль и не заменяет промежуточную аттестацию.

Критерии каждой практической работы

2 балла: схема и уравнения верны, расчёт воспроизводится, обязательная проверка выполнена, студент объясняет результат.

1 балл: основная задача решена и объяснена, но остаётся устранимый недостаток проверки, оформления или исследования.

0 баллов: результат отсутствует, модель принципиально неверна либо студент не может объяснить и воспроизвести расчёт.

С1 включается в оценку ПР 1, С2 — ПР 17. Для получения хотя бы 1 балла по этим работам соответствующее ситуационное задание должно быть зачтено. Исправление работы и повторная защита допускаются; учитывается последняя подтверждённая оценка, баллы за попытки не суммируются.

Условия положительного результата

В предлагаемой модели необходимы одновременно: не менее 1 балла за каждую ПР; не менее 36 из 60 за текущий контроль; не менее 24 из 40 за промежуточную аттестацию, включая не менее 15 из 25 за расчётную задачу. Невыполнение любого условия означает необходимость доработки соответствующей части.

Сумма при выполнении всех условий Дифференцированная оценка Для зачётной формы

90–100 Отлично Зачтено

75–89 Хорошо Зачтено

60–74 Удовлетворительно Зачтено

Менее 60 или не выполнено обязательное условие Неудовлетворительно Не зачтено

4 Практические работы по моделированию и статике

Все работы рассчитаны на 2 академических часа контактной работы с подготовкой и оформлением в часы самостоятельной работы. Для объёмных алгоритмов допускается выдать программный каркас, оставив студенту постановку, заполнение расчётной части и проверку.

Практическая работа 1 Подготовка расчётной модели

Условие. Груз массой 2 кг находится на наклонной направляющей с углом 20° . Трение пока не учитывать.

Представить. Схему сил, координату вдоль направляющей, уравнение движения, таблицу параметров с единицами и алгоритм расчёта. Выполнить С1.

Проверка. Размерности; предельный случай нулевого угла. Начальная скорость равна нулю.

Практическая работа 2 Равновесие сходящихся сил

Условие. Груз весом 1000 Н удерживается двумя тросами под углами 30° и 60° к горизонтали по разные стороны узла.

Представить. Уравнения равновесия, усилия в тросах, повторный расчёт при углах первого троса 25° и 35° с неизменным вторым углом.

Проверка. Обе проекции суммы сил равны нулю с учётом округления; натяжения положительны.

Практическая работа 3 Опорные реакции балки

Условие. Шарнирно опёртая балка длиной 3 м нагружена силой 2 кН вниз на расстоянии 1 м от левой опоры и нагрузкой 1 кН/м по всей длине.

Представить. Расчёт реакций и графики их изменения при перемещении силы от 0,3 до 2,7 м.

Проверка. Суммы сил и моментов; симметричное положение нагрузки.

Практическая работа 4 Предельное равновесие с трением

Условие. Тело массой 5 кг лежит на наклонной плоскости без других внешних сил; коэффициент трения покоя $\mu = 0,25$.

Представить. Критический угол, график $\alpha_{кр}(\mu)$ для μ от 0,1 до 0,5; объяснение условия покоя.

Проверка. Неравенство $|F_{тр}| \leq \mu N$; равенство используется только на границе скольжения.

Общие требования к отчётам

Для каждой работы представить исходные данные, схему, уравнения, расчётный файл, результаты в СИ, одну обязательную проверку и вывод. Таблицы и графики должны иметь обозначения величин и единицы. Приведение только снимка экрана программы не заменяет расчётный файл.

5 Практические работы по кинематике

Практическая работа 5 Движение точки по заданному закону

Условие. $x = 0,2t^2$, $y = 0,1t^3$; координаты в метрах, t в секундах; $0 \leq t \leq 3$ с.

Представить. Траекторию, проекции и модули скорости и ускорения, касательное и нормальное ускорения при $t = 2$ с.

Проверка. Аналитические производные. При $t = 0$ скорость нулевая, разложение ускорения по касательной и нормали в этой точке не применять.

Практическая работа 6 Кинематика по табличным данным

Условие. Использовать закон из ПР 5 для получения координат на сетках с шагами 0,2; 0,1; 0,05 с.

Представить. Численные скорости и ускорения, сравнение ошибок во внутренних узлах; отдельное указание формул на границах.

Проверка. Сравнение с аналитическими производными; оценка максимальной абсолютной ошибки. Нулевую относительную ошибку у нулевого эталона не вычислять.

Практическая работа 7 Плоскопараллельное движение тела

Условие. Полос А движется по закону $x_A = 0,1t^2$, $y_A = 0$; угол тела $\varphi = t^2/2$ рад. Точка В закреплена на расстоянии 0,2 м от А вдоль локальной оси тела при $\varphi = 0$.

Представить. Скорость и ускорение В на интервале 0–2 с с использованием векторных соотношений; схемы при $t = 1$ и 2 с.

Проверка. Сравнение с производными координат В; отдельный учёт углового и центростремительного ускорений.

Практическая работа 8 Кривошипно-ползунный механизм

Условие. Центральный механизм: $r = 0,05$ м, $l = 0,20$ м, $\omega = 10$ рад/с; угол кривошипа $\varphi = \omega t$. Ползун расположен справа от оси кривошипа.

Представить. $x = r \cos \varphi + \sqrt{(l^2 - r^2 \sin^2 \varphi)}$, скорость и ускорение за оборот; сравнение с $l = 0,30$ м.

Проверка. Положения $x(0) = l + r$ и $x(\pi) = l - r$; сравнение производных координаты с подготовленными аналитическими формулами.

Вопросы при защите

Почему отрицательная проекция скорости не означает отрицательного модуля? Какие формулы требуют перевода градусов в радианы? Чем отличается шаг вывода графика от шага расчёта? Как изменится результат при изменении геометрии механизма?

6 Практические работы по динамике

Практическая работа 9 Сравнение методов интегрирования

Условие. Свободное падение: $y'' = -g$, $y(0) = 20$ м, $y'(0) = 0$. Сравнение вести на интервале 0–1,5 с.

Представить. Систему первого порядка, решения Эйлера и Рунге — Кутты четвёртого порядка с $h = 0,1; 0,05; 0,025$ с и таблицу ошибок.

Проверка. Эталон $y = 20 - gt^2/2$. Отметить, что данный полиномиальный тест не позволяет экспериментально подтвердить общий четвёртый порядок метода Рунге — Кутты.

Практическая работа 10 Движение с сопротивлением среды

Условие. $m = 1$ кг, $v_0 = 20$ м/с, угол 45° , $x_0 = y_0 = 0$; сила сопротивления $F_c = -bv$, $b = 0,2$ кг/с.

Представить. Траекторию, дальность, максимальную высоту и время полёта; сравнение с $b = 0$.

Проверка. Остановка при нисходящем пересечении $y = 0$ после старта; не принимать начальный нуль высоты за приземление. Сопоставить с аналитической моделью линейного сопротивления.

Практическая работа 11 Вращение вокруг неподвижной оси

Условие. $J = 0,5$ кг·м², $M = 2$ Н·м, момент сопротивления $-c\omega$, $c = 0,1$ Н·м·с; $\varphi_0 = \omega_0 = 0$; время 0–10 с.

Представить. Уравнения для φ и ω , графики, работу движущего момента и потери на сопротивление.

Проверка. $J\omega^2/2 = M\varphi - \int c\omega^2 dt$; сравнение с аналитической угловой скоростью.

Практическая работа 12 Свободные колебания

Условие. $m = 2$ кг, $k = 200$ Н/м, $x_0 = 0,02$ м, $v_0 = 0$; $c = 0; 10; 40; 60$ Н·с/м; время 0–5 с.

Представить. Временные зависимости и фазовые траектории; определение режима каждого решения.

Проверка. $\text{скр} = 2\sqrt{mk}$; при $c = 0$ энергия постоянна, при $c > 0$ убывает. Отрицательная энергия либо её систематический рост требуют проверки.

7 Практические работы по колебаниям и проверке моделей

Практическая работа 13 Вынужденные колебания

Условие. $m = 2$ кг, $k = 200$ Н/м, $c = 10$ Н·с/м, $F = 5 \sin \Omega t$ Н; Ω от 2 до 18 рад/с; нулевые начальные условия.

Представить. Амплитудно-частотную зависимость по серии расчётов; правило выделения установившегося участка.

Проверка. Сравнение с $A = 5/\sqrt{(200 - 2\Omega^2)^2 + (10\Omega)^2}$; подтверждение затухания переходного процесса.

Практическая работа 14 Нелинейный маятник

Условие. $l = 1$ м, начальные углы $5^\circ, 30^\circ, 60^\circ$; начальная угловая скорость нулевая; сопротивление отсутствует.

Представить. Нелинейное решение, периоды по событиям одинаковой фазы, сравнение с линейной моделью.

Проверка. Сохранение энергии; период малых колебаний $2\pi\sqrt{l/g}$; расчёт минимум трёх полных периодов.

Практическая работа 15 Уравнение Лагранжа для катящегося тела

Условие. Сплошной однородный цилиндр: $m = 2$ кг, $R = 0,1$ м, $\alpha = 20^\circ$, $\mu = 0,3$; начальное состояние покоя.

Представить. Уравнение для пути s центра масс, решение на 0–1 с, проверку достаточности трения покоя.

Проверка. $J = mR^2/2$, связь $s = R\varphi$; энергетический баланс и условие $|F_{\text{тр}}| \leq \mu mg \cos \alpha$.

Практическая работа 16 Проверка и чувствительность

Условие. Использовать модель ПР 11. Выполнить расчёт с тремя последовательно уменьшаемыми допусками; затем изменить J на $\pm 10\%$.

Представить. Таблицу $\omega(10)$, ошибок по эталону и затрат расчёта; отдельную таблицу влияния J .

Проверка. Различить численную сходимость и физическую чувствительность. Сравнить решения в одни и те же моменты времени.

Практическая работа 17 Комплексное исследование

Условие. Выбрать ранее выполненную модель ПР 8, 10, 11, 13 или 15 и согласовать изменяемый параметр.

Представить. Обновлённый расчётный файл, не менее трёх значений параметра, две независимые проверки и выводы; выполнить С2.

Проверка. Повторный запуск преподавателем; изменение одного параметра при защите. Работа оценивается как текущая, максимум 2 балла.

8 Вопросы для текущего контроля

Расчётная модель

1. Какие допущения позволяют заменить объект материальной точкой?
2. Как выбрать координаты, силы и связи?
3. Какие исходные данные необходимы для задачи Коши?
4. Чем проверка размерностей помогает при отладке?
5. Что обеспечивает воспроизводимость расчётного файла?

Статика

6. Как вычисляется момент силы относительно точки?
7. Как заменить распределённую нагрузку равнодействующей?

8. Когда система уравнений равновесия имеет единственное решение?

9. Почему сила трения покоя не всегда равна μN ?

10. Что показывают знаки опорных реакций и невязки?

Кинематика

11. Как получить скорость и ускорение из координат?

12. Когда определены касательное и нормальное ускорения?

13. Как шаг сетки и шум влияют на численные производные?

14. Как связаны скорости двух точек твёрдого тела?

15. Какие проверки нужны для кривошипно-ползунного механизма?

Динамика

16. Как перейти от уравнения второго порядка к системе первого порядка?

17. Чем различаются локальная и глобальная ошибки?

18. Какие тесты пригодны для оценки порядка численного метода?

19. Как определить момент приземления средствами обнаружения событий?

20. Как проверить вращение тела через работу и энергию?

Колебания и связи

21. Как определяются собственная частота и критическое демпфирование?

22. Как различить колебательный и апериодический режимы?

23. Как выделить установившуюся амплитуду?

24. Когда линейная модель маятника перестаёт быть достаточной?

25. Как выбрать обобщённую координату при качении?

Достоверность

26. Чем проверка реализации отличается от сопоставления модели с реальным объектом?

27. Какие независимые проверки возможны без аналитического решения?

28. Почему невязка не заменяет исследование сходимости?

29. Как различить изменение решения из-за параметров и из-за алгоритма?

30. Какие выводы нельзя делать только по графику?

9 Тест для текущего контроля

Время — 15 минут. В каждом вопросе выбрать один ответ. Каждый верный ответ — 1 балл; неверный ответ или отсутствие ответа — 0 баллов. Максимум 10 баллов. Ключ приведён в разделе 15.

1. Единица коэффициента b в силе $F = -bv$ в системе СИ:

А Н/м; Б кг/с; В м/с; Г кг·м.

2. При равномерной нагрузке q по всей балке длиной L равнодействующая равна:

А qL ; Б qL^2 ; В qL ; Г L/q .

3. Для покоя тела с сухим трением справедливо:

А $|F_{тр}| \leq \mu N$; Б $F_{тр}$ всегда равна μN ; В $F_{тр} = 0$ при любой нагрузке; Г $F_{тр} > \mu N$.

4. Для $v > 0$ касательное ускорение равно:

А v^2/ρ ; Б ρ/v ; В модулю полного ускорения; Г dv/dt .

5. Состояние для уравнения $x'' = f(t, x, x')$ удобно задать как:

А $[x, t]$; Б $[x, x']$; В $[x'']$; Г $[t, f]$.

6. Корректная проверка сходимости решения:

А увеличение толщины линии; Б смена цвета графика; В сравнение при $h, h/2, h/4$ в одинаковых узлах; Г вывод большего числа цифр.

7. Критическое вязкое сопротивление системы $m x'' + c x' + kx = 0$:

А $2\sqrt{(mk)}$; Б k/m ; В $\sqrt{(m/k)}$; Г mk .

8. Чтобы проверить сохранение энергии маятника, необходимо:

А добавить сопротивление; Б обнулить угол на каждом шаге; В сравнить только конечные координаты; Г рассчитать энергию на всём интервале при отсутствии сопротивления.

9. Период событий определяют по:

А любым двум точкам графика; Б соседним пересечениям одной поверхности с одинаковым направлением; В числу строк файла; Г максимальному шагу решателя.

10. Малая невязка уравнений сама по себе:

А доказывает пригодность для реального оборудования; Б исключает ошибки исходных данных; В подтверждает выполнение проверяемых уравнений, но не всей модели; Г заменяет проверку размерностей.

10 Компьютерные контрольные работы

КР 1 Статика и кинематика

Время — 40 минут. Разрешены конспект и справка программной среды. Требуется собственный расчётный файл с пояснениями. Максимум 8 баллов.

Задача А. Шарнирно опёртая балка длиной 4 м: сила $P = 3$ кН вниз на расстоянии 1 м от левой опоры; $q = 0,5$ кН/м по всей длине. Найти вертикальные реакции, проверить суммы сил и моментов. Горизонтальные силы отсутствуют.

Задача Б. Точка движется по законам $x = 0,1t^2$, $y = 0,2t^3$. Найти проекции и модули скорости и ускорения при $t = 2$ с.

Построить траекторию и графики модулей на 0–2 с.

Критерий Баллы

Верная схема и уравнения равновесия 2

Верные реакции и независимая проверка 2

Верные производные и значения кинематических величин 2

Воспроизводимый файл, графики с единицами и вывод 2

КР 2 Динамика и колебания

Время — 40 минут. Можно использовать ранее созданный программный каркас интегрирования. Максимум 8 баллов.

Система $m x'' + c x' + kx = 0$: $m = 1$ кг, $k = 100$ Н/м, $c = 2$ Н·с/м, $x_0 = 0,01$ м, $v_0 = 0$. Рассчитать движение на 0–5 с, построить $x(t)$, $v(t)$ и энергию. Указать режим. Сравнить решение с аналитическим и повторить расчёт при более строгих допусках решателя.

Критерий Баллы

Уравнения первого порядка и начальные условия 2

Численное решение и правильный режим 2

Сравнение с эталоном и исследование точности 2

Энергетическая проверка, графики и вывод 2

Для каждого критерия: 2 — выполнен полностью; 1 — выполнен частично, основная логика верна; 0 — отсутствует или принципиально неверен. Отсутствие воспроизводимого файла обнуляет соответствующий критерий оформления, но не автоматически все остальные.

11 Ситуационные задания и самостоятельная подготовка

C1 Безопасность рабочего места

Перед запуском расчёта студент обнаружил повреждённую изоляцию провода питания компьютера, нагрев разъёма и следы жидкости рядом с оборудованием. Предложите порядок действий в рамках собственной компетенции и объясните, почему продолжать работу нельзя.

Ожидается: прекратить использование; не касаться повреждённых и мокрых частей; предупредить находящихся рядом и ответственного сотрудника; действовать по инструкции организации, не ремонтировать оборудование самостоятельно. При признаках непосредственной опасности — отойти и сообщить установленным способом. Задание зачтено, если исключено продолжение опасной работы и названы действия по уведомлению. Оценивается в ПР 1.

C2 Ограничения расчётного заключения

Учебная модель не учитывает трение и ударные нагрузки. По её графику студент предлагает увеличить рабочую скорость реального механизма и заявляет, что это безопасно и экологически допустимо. Какие выводы модель позволяет сделать и каких данных недостаточно?

Ожидается: отделить расчётный результат от заключения о безопасности; указать неполноту модели, необходимость данных о реальных нагрузках, оборудовании и условиях эксплуатации; отметить отсутствие оценки экологических воздействий.

Задание зачтено, если студент не выдаёт учебный расчёт за разрешение эксплуатации и называет минимум два существенных ограничения. Оценивается в ПР 17.

Задание на исправление ошибок

В коде сопротивление записано как $+bv$, угол 45 подставлен в функцию $\sin$ без перевода в радианы, а y_0 и v_{y0} переставлены в векторе состояния. Найдите ошибки, исправьте модель и покажите по одному тесту на каждое исправление. Используется при защите ПР 10, дополнительных баллов не даёт.

Самостоятельная работа

Общий объём — 37,9 часа. Подготовка распределяется по ПР 1–17: вывод уравнений; подготовка и отладка кода; аналитические тесты; серии расчётов; оформление графиков; подготовка к защите. Для ПР 16 и 17 обязательны протокол проверок и объяснение ограничений модели.

Проверяемые продукты: расчётные файлы и отчёты по ПР; таблицы сравнения методов; графики параметрических зависимостей. Они входят в оценку соответствующих практических работ. Отдельное начисление баллов за тот же результат не производится.

12 Промежуточная аттестация

Предлагаемая процедура — два теоретических вопроса, одна комплексная задача и защита расчёта. Конкретная форма и организационный регламент устанавливаются учебным планом и локальным положением. Время выполнения и защиты должно быть выделено по принятому регламенту; 0,1 часа иной контактной работы не трактуется как установленная длительность всего испытания.

Рабочий вариант процедуры: до 60 минут на подготовку и расчёт и до 10 минут на защиту. Разрешены справка программной среды и собственные ранее проверенные функции. Нужны индивидуальный файл и пояснения. Преподаватель назначает вариант и два вопроса из разных тематических групп.

Банк теоретических вопросов

1. Выбор идеализации, координат, связей и исходных данных для механической модели.
2. Построение компьютерного алгоритма и организация воспроизводимого расчёта.
3. Уравнения равновесия плоской системы сил и определение реакций.
4. Распределённая нагрузка, её равнодействующая и проверка статического решения.
5. Трение покоя и границы применимости модели предельного равновесия.
6. Определение скорости и ускорения по координатному закону движения.
7. Разностные производные, шаг сетки и влияние ошибок исходных данных.
8. Кинематические соотношения для точек плоско движущегося твёрдого тела.
9. Геометрические связи в кинематическом расчёте механизма.
10. Система первого порядка и начальные условия для уравнений движения.
11. Методы Эйлера и Рунге — Кутты и исследование сходимости.
12. Абсолютный и относительный допуски; шаг интегрирования и сетка вывода.
13. Моделирование сопротивления среды и условия обнаружения события.
14. Динамика вращения вокруг неподвижной оси и проверка по работе и энергии.
15. Свободные колебания и классификация режимов демпфирования.

16. Вынужденные колебания, переходный процесс и резонансная зависимость.

17. Нелинейный маятник и пределы приближения малых колебаний.

18. Выбор обобщённой координаты и уравнение Лагранжа при качении.

19. Невязка, энергетическая проверка и независимое тестирование модели.

20. Чувствительность к параметрам, ограничения модели и обоснование выводов.

Ориентиры ответа: назвать применимые механические законы, привести основные зависимости, объяснить исходные данные и ограничения и предложить минимум одну проверку. Критерии даны в разделе 14.

13 Комплексные задания варианты с первого по третий

Для любого варианта представить схему, уравнения, исходные данные, файл, графики, две проверки и вывод. Численные ориентиры преподавателя приведены в разделе 16.

Вариант 1 Реакции балки при перемещении силы

Шарнирно опёртая балка $L = 4$ м; $q = 0,5$ кН/м по всей длине; $P = 3$ кН вниз. Координата силы a изменяется от 0,5 до 3,5 м.

Горизонтальная нагрузка отсутствует.

1. Получить формулы вертикальных реакций в зависимости от a и выполнить серию не менее чем из 7 расчётов.

2. Построить $R_A(a)$, $R_B(a)$; проверить размерности и равновесие при $a = 0,5$; 2; 3,5 м.

3. Повторить серию при $P = 3,3$ кН и объяснить изменение. Указать, какие данные о прочности балки модель не определяет.

Вариант 2 Кинематика механизма

Центральный кривошипно-ползунный механизм: $r = 0,04$ м, $l = 0,16$ м, $\omega = 15$ рад/с; ползун справа от оси, $\varphi = \omega t$.

Использовать положительную ветвь корня в геометрической связи.

1. Определить координату, скорость и ускорение ползуна за оборот.

2. Проверить крайние положения и значения при $\varphi = 0$ и π ; подтвердить производные независимым способом.

3. Повторить расчёт при $l = 0,24$ м; сравнить ускорения в крайних положениях и объяснить результат.

Вариант 3 Полёт с линейным сопротивлением

$m = 0,5$ кг, $x_0 = 0$, $y_0 = 2$ м, $v_0 = 15$ м/с, угол 40° ; $b = 0,05$ кг/с. Сопротивление $F_c = -bv$. Поверхность приземления $y = 0$.

1. Получить систему движения и определить траекторию, время приземления и дальность.

2. Сравнить с аналитическим решением линейной модели и повторить расчёт при более строгих допусках.

3. Повторить при $b = 0,15$ кг/с, сравнить дальность и объяснить причины изменения.

13 Комплексные задания варианты с четвёртого по шестой

Вариант 4 Вынужденные колебания

$m = 1$ кг, $k = 100$ Н/м; $F = 2 \sin \Omega t$ Н; $x_0 = v_0 = 0$. Исследовать $c = 1$ и 4 Н·с/м при Ω от 2 до 18 рад/с.

1. По численному решению построить две амплитудно-частотные зависимости. Вблизи максимума уточнить частотную сетку.

2. Обосновать исключение переходного процесса, сравнить амплитуды с аналитической формулой.

3. Определить приближённую частоту максимума и амплитуду; объяснить влияние демпфирования.

Вариант 5 Качение цилиндра

Однородный сплошной цилиндр: $m = 2$ кг, $R = 0,1$ м, $\alpha = 20^\circ$, $\mu = 0,3$. Начальное состояние покоя. Сопротивлением качению пренебречь. Интервал 0–1 с.

1. Выбрать обобщённую координату s вдоль плоскости и вывести уравнение Лагранжа.

2. Рассчитать путь и скорость при $t = 1$ с; проверить баланс энергии и сравнить с уравнениями Ньютона и Эйлера.

3. Найти необходимую силу трения и проверить достаточность μ . Указать, почему при недостаточном трении исходное уравнение неприменимо.

Вариант 6 Разгон вращающегося тела

$J = 0,5$ кг·м², $M = 2$ Н·м, $c = 0,1$ Н·м·с; момент сопротивления $-c\omega$. Начальные угол и угловая скорость равны нулю, $0 \leq t \leq 10$ с.

1. Рассчитать $\varphi(t)$, $\omega(t)$, угловое ускорение и значения при $t = 10$ с.

2. Сопоставить с аналитическим решением; проверить равенство работы движущего момента сумме прироста кинетической энергии и потерь.

3. Повторить расчёт при $J = 0,55$ кг·м²; сравнить $\omega(10)$ и установившуюся скорость.

Проверка самостоятельности

На защите преподаватель выбирает один изменяемый параметр в пределах постановки. Студент заранее прогнозирует направление изменения результата, выполняет повторный запуск и объясняет совпадение или расхождение с прогнозом.

Допускается уточняющий вопрос о границах применимости модели.

14 Критерии промежуточной аттестации

Теоретический ответ по 5 баллов за вопрос

Балл Признак ответа

5 Верные законы и зависимости; объяснены условия применения, ограничения и проверка; приведён подходящий пример.

4 Содержание раскрыто верно; есть одна небольшая неточность без искажения сути.

3 Основная идея и зависимости верны; условия применения или проверка раскрыты частично.

2 Есть отдельные верные положения, но ответ фрагментарен и требует существенных уточнений.

1 Названы термины без объяснения связей и применимости.

0 Ответ отсутствует или основное положение принципиально неверно.

Комплексная задача максимум 25 баллов

Критерий Балл Основание начисления

Модель и допущения 5 Схема, координаты, связи и силы — 3; ограничения и единицы — 2.

Математическая постановка 5 Верные уравнения — 3; начальные условия или статические ограничения — 2.

Вычислительное решение 5 Работающий воспроизводимый файл — 3; метод и настройки либо организация серии расчётов — 2.

Проверка результата 6 Первая независимая проверка — 3; вторая независимая проверка — 3.

Исследование и вывод 4 Сравнение параметров — 2; корректные графики и механическое объяснение — 2.

Каждый элемент оценивается целым числом от 0 до своего максимума: полный результат — максимум; частичный обоснованный результат — промежуточное значение; отсутствующий или неверный — 0. Повтор одного и того же вычисления с другим оформлением не считается независимой проверкой.

Защита максимум 5 баллов

Объяснение связи кода с уравнениями — 0–2; прогноз и повторный расчёт при изменении параметра — 0–2; объяснение ограничения модели — 0–1. Если студент не объясняет происхождение результата, баллы за защиту не начисляются; содержание файла при этом оценивается по своей рубрике.

Расчётная задача считается освоенной при результате не менее 15 из 25. Для положительной промежуточной аттестации дополнительно требуется не менее 24 из 40 по всем трём составляющим.

15 Материалы преподавателя по текущему контролю

Ключ теста

Вопрос 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ответ Б В А Г Б В А Г Б В

Ориентиры контрольных работ

КР 1. Балка: $RA + RB = 5 \text{ кН}$; $4RB = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 2$; $RB = 1,75 \text{ кН}$, $RA = 3,25 \text{ кН}$, горизонтальная реакция равна нулю. Кинематика при $t = 2 \text{ с}$: $v = (0,4; 2,4) \text{ м/с}$; $|v| = \sqrt{5,92} \approx 2,4331 \text{ м/с}$; $a = (0,2; 2,4) \text{ м/с}^2$; $|a| = \sqrt{5,80} \approx 2,4083 \text{ м/с}^2$.

КР 2. $\beta = c/(2m) = 1 \text{ с}^{-1}$; $\omega_0 = 10 \text{ рад/с}$; $\omega_d = \sqrt{99} \text{ рад/с}$. Решение $x(t) = 0,01 \exp(-t)[\cos(\sqrt{99}t) + \sin(\sqrt{99}t)/\sqrt{99}]$. Режим затухающий колебательный. $E = (v^2 + 100x^2)/2$; $dE/dt = -2v^2$. Проверка точности выполняется в одинаковых узлах по максимальной абсолютной ошибке x и v .

Числовые и аналитические ориентиры практических работ

1. ПР 1: ускорение вдоль плоскости $g \sin 20^\circ \approx 3,3552 \text{ м/с}^2$.

2. ПР 2: $T_{30^\circ} \approx 500 \text{ Н}$; $T_{60^\circ} \approx 866,025 \text{ Н}$. При изменении угла систему решают заново.

3. ПР 3: $RA = 2,83333 \text{ кН}$, $RB = 2,16667 \text{ кН}$ для исходного положения силы.

4. ПР 4: $\alpha_{\text{кр}} = \arctan 0,25 \approx 14,036^\circ$.

5. ПР 5: при $t = 2 \text{ с}$ $v = (0,8; 1,2)$, $a = (0,4; 1,2)$; $|v| \approx 1,44222$, $|a| \approx 1,26491$; $a_t \approx 1,22034$, $a_n \approx 0,33282 \text{ м/с}^2$.

6. ПР 6: центральные разности для первой производной квадратичного x и второй производной кубического y точны до округления; для первой производной y ошибка равна $0,1 \text{ h}^2$. Нулевую ошибку не использовать для оценки порядка.

7. ПР 7: $rB = rA + 0,2(\cos \varphi; \sin \varphi)$; производные этой формулы дают независимый эталон.

8. ПР 8: крайние координаты $0,25$ и $0,15 \text{ м}$; скорости в них равны нулю.

9. ПР 9: $y = 20 - gt^2/2$, $v = -gt$. Для явного Эйлера ошибка y в узле t равна $+gth/2$ при обновлении координаты старой скоростью.

10. ПР 10–11: использовать аналитические зависимости из раздела 16 с параметрами конкретной работы.

11. ПР 12: $\text{скр} = 40 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$; режимы: незатухающий, затухающий колебательный, критический, аperiodический.

12. ПР 13: $\Omega_{\text{рез}} \approx 9,35414 \text{ рад/с}$, $A_{\text{max}} \approx 0,05164 \text{ м}$ для указанных параметров.

13. ПР 14: $T_{\text{мал}} \approx 2,00607 \text{ с}$; с увеличением амплитуды период нелинейной модели возрастает.

14. ПР 15: $a = 2g \sin \alpha/3$; см. ориентир варианта 5. ПР 16–17: оценивать по выбранному эталону и протоколу проверок.

16 Материалы преподавателя по промежуточной аттестации

Вариант 1

$RB = (Pa + qL^2/2)/L$; $RA = P + qL - RB$. При исходных данных $RA = 4 - 0,75a$, $RB = 1 + 0,75a$, кН. При $a = 0,5; 2; 3,5 \text{ м}$ получаются пары $(3,625; 1,375)$, $(2,5; 2,5)$, $(1,375; 3,625)$ кН. Проверки: сумма реакций, момент относительно любой опоры и симметрия. Изменение P требует пересчёта, прочность этим расчётом не проверяется.

Вариант 2

$x = r \cos \varphi + \sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \varphi}$. При $l = 0,16 \text{ м}$ крайние x равны $0,20$ и $0,12 \text{ м}$; при $l = 0,24 \text{ м}$ — $0,28$ и $0,20 \text{ м}$. $v = 0$ в крайних положениях. $a(0) = -\omega^2(1 + r/l)$; $a(\pi) = \omega^2(1 - r/l)$. Для $l = 0,16 \text{ м}$: $-11,25$ и $6,75 \text{ м/с}^2$; для $l = 0,24 \text{ м}$: $-10,5$ и $7,5 \text{ м/с}^2$.

Вариант 3

$\lambda = b/m$; $v_x = v_{x0} \exp(-\lambda t)$; $v_y = (v_{y0} + g/\lambda) \exp(-\lambda t) - g/\lambda$. $x = v_{x0}[1 - \exp(-\lambda t)]/\lambda$; $y = y_0 + (v_{y0} + g/\lambda)[1 - \exp(-\lambda t)]/\lambda - gt/\lambda$. Положительный корень $y(t) = 0$ задаёт приземление. При $b = 0,05 \text{ кг/с}$ время около $2,10648 \text{ с}$, дальность около $21,82549 \text{ м}$; при $b = 0,15 \text{ кг/с}$ — около $2,02932 \text{ с}$ и $17,46562 \text{ м}$. При $\lambda \rightarrow 0$ использовать баллистический предел, не подставлять ноль в знаменатель.

Вариант 4

$A(\Omega) = 2/\sqrt{[(100 - \Omega^2)^2 + c^2\Omega^2]}$. Частота максимума $\Omega_{\text{рез}} = \sqrt{100 - c^2/2}$. При $c = 1$: $\Omega_{\text{рез}} \approx 9,97497 \text{ рад/с}$, $A_{\text{max}} \approx 0,20025 \text{ м}$; при $c = 4$: $\Omega_{\text{рез}} \approx 9,59166 \text{ рад/с}$, $A_{\text{max}} \approx 0,05103 \text{ м}$. Огибающая переходной составляющей убывает как $\exp[-ct/(2m)]$.

Вариант 5

$T = (m + J/R^2)s^2/2$; $V = -mgs \sin \alpha$. Уравнение: $(m + J/R^2)s'' = mg \sin \alpha$. Для сплошного цилиндра $a = 2g \sin \alpha/3 \approx 2,23681 \text{ м/с}^2$; $s(1) \approx 1,11841 \text{ м}$, $v(1) \approx 2,23681 \text{ м/с}$. $F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha/3 \approx 2,23681 \text{ Н}$ вверх по плоскости; $N \approx 18,43677 \text{ Н}$; $\mu_{\text{min}} = \tan \alpha/3 \approx 0,12132 < 0,3$. При чистом качении по неподвижной плоскости трение покоя не рассеивает энергию в принятой идеальной модели.

Вариант 6

$\omega = (M/c)[1 - \exp(-ct/J)]$; $\varphi = (M/c)\{t - (J/c)[1 - \exp(-ct/J)]\}$. При $t = 10 \text{ с}$: $\omega \approx 17,29329 \text{ рад/с}$, $\varphi \approx 113,53353 \text{ рад}$. При $J = 0,55 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$: $\omega(10) \approx 16,75359 \text{ рад/с}$. Установившаяся скорость $M/c = 20 \text{ рад/с}$ не зависит от J . Проверка: $M\varphi = J\omega^2/2 + \int c\omega^2 dt$.

Для приведённых округлённых ориентиров допустимо расхождение до $0,2 \%$. Для сравнения с вычисленным

аналитическим эталоном студент должен отдельно задать и обосновать более строгий критерий точности; допуски решателя не равнозначны гарантированной глобальной ошибке.

17 Формы фиксации результатов и источники

Протокол проверки расчёта

Проверка Зафиксировать в отчёте

Исходные данные Параметры, единицы, допущения, начальные условия

Запуск Имя основного файла, среда и версия, порядок запуска

Эталон или частный случай Формула либо независимый расчёт, сравниваемые величины

Невязка или баланс Формула проверки, размерная либо нормированная мера

Численная точность Шаги или допуски, общие узлы сравнения, фактическая ошибка

Параметрическое исследование Изменяемый параметр, диапазон, наблюдаемое изменение

Вывод Механическое объяснение и границы применимости

5.4. Перечень видов оценочных средств

Устный опрос по расчётной схеме, механическим законам и выбранному вычислительному методу.

Краткие тестовые задания на понимание моделей, единиц измерения, начальных условий и результатов вычислений.

Индивидуальные расчётные задания по статике, кинематике, динамике и колебаниям.

Отчёты по практическим работам со схемой, уравнениями, результатами и проверками.

Защита практических работ с объяснением кода и повторным расчётом при изменении параметров.

Компьютерные контрольные работы по построению и исследованию механической модели.

Задания на поиск и исправление ошибок в уравнениях, программе и интерпретации результатов.

Расчётно-графическая работа по индивидуальному варианту механической системы.

Итоговое комплексное задание с проверкой достоверности и защитой результатов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.	Численные методы: учебник	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний 2015
Л1.2	Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижонков Е.В.	Численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний 2015

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Поляков Н.Н., Зегжда С. А., Юшков М. П.	Теоретическая механика: учебник для вузов	М.: Высшая школа 2000

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Дьяконов В., Круглов В.	MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем: специальный справочник	СПб.: Питер 2002
Л3.2	Дьяконов В., Круглов В.	Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справочник	СПб.: Питер 2001

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	MATLAB — численные расчёты, решение уравнений движения, обработка и визуализация результатов. mathworks.com		
6.3.1.2	Simulink — моделирование динамических систем с использованием структурных схем; применяется совместно с MATLAB. MATLAB		
6.3.1.3	GNU Octave — свободная среда для выполнения численных расчётов и реализации вычислительных алгоритмов. octave.org		
6.3.1.4	Scilab с модулем Xcos — численные вычисления и графическое моделирование динамических систем. Scilab		
6.3.1.5	LibreOffice Writer и Calc — оформление отчётов, подготовка расчётных таблиц и представление результатов.		

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	Math-Net.Ru — общероссийский математический портал: научные публикации по механике, дифференциальным уравнениям, вычислительной математике и математическому моделированию. mathnet.ru		
6.3.2.2	Springer Nature Link — научные книги и статьи по вычислительной механике и методам исследования механических систем. Springer Nature Link		

6.3.2.3	ScienceDirect — научная платформа с публикациями по инженерным наукам, динамике, колебаниям и механике. ScienceDirect.com
6.3.2.4	MathWorks Help Center — официальная документация MATLAB и Simulink, справочные материалы и примеры вычислений и моделирования. mathworks.com
6.3.2.5	GNU Octave Documentation — руководство по численным вычислениям, решению систем уравнений, интегрированию дифференциальных уравнений и построению графиков. octave.org
6.3.2.6	Scilab Online Help — официальная справочная система Scilab, содержащая документацию по вычислительным функциям и средствам моделирования; доступны русскоязычные разделы. help.scilab.org

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины предполагает последовательное выполнение практических работ и самостоятельных расчётных заданий. Основное внимание следует уделять построению механической модели, обоснованному выбору вычислительного метода, проверке полученного решения и объяснению его физического смысла.

Компьютерный расчёт необходимо рассматривать как продолжение механической постановки задачи. Работающая программа и построенный график сами по себе не подтверждают правильность решения: результат должен соответствовать исходным условиям, уравнениям движения и принятым допущениям.

1. Организация учебной работы

Дисциплина предусматривает 34 академических часа практических занятий и 37,9 часа самостоятельной работы.

Подготовку рекомендуется вести регулярно, по мере прохождения тем: расчётные модели и программные функции, созданные на первых занятиях, используются при решении последующих задач.

В начале изучения дисциплины необходимо ознакомиться с тематикой практических работ, требованиями к отчётам, порядком защиты и критериями оценивания. Следует проверить доступность используемой вычислительной среды и освоить основные операции: создание и запуск расчётного файла, задание параметров, работа с массивами, построение графиков и сохранение результатов.

Для каждой практической работы рекомендуется создавать отдельную папку, содержащую исходное задание, расчётный файл, необходимые данные, графики и отчёт. Названия файлов должны позволять однозначно определить номер работы и её содержание.

2. Подготовка к практическим занятиям

Перед занятием необходимо прочитать условие задания и повторить соответствующие положения теоретической механики и вычислительных методов.

Подготовка включает:

1. Определение рассматриваемого объекта и допустимой идеализации: материальная точка, абсолютно твёрдое тело или система тел.

2. Составление расчётной схемы с обозначением координат, сил, моментов и связей.

3. Выделение известных параметров и искомых величин.

4. Запись основных уравнений и необходимых начальных условий.

5. Выбор способа проверки будущего результата.

Особое внимание следует уделять единицам измерения, направлениям координатных осей и правилам знаков. Значения углов необходимо согласовывать с требованиями программных функций: при использовании радианной меры исходные данные в градусах предварительно преобразуют.

Если условие допускает несколько трактовок, принятое допущение следует явно записать и согласовать с преподавателем.

3. Последовательность выполнения вычислительного задания

Рекомендуется придерживаться следующего порядка работы:

1. Постановка задачи. Указать, какое движение или состояние исследуется и какие характеристики требуется определить.

2. Построение модели. Выбрать идеализацию, координаты, действующие силы и связи; сформулировать допущения.

3. Запись уравнений. Получить математические зависимости и проверить их размерности.

4. Выбор метода. Обосновать аналитическое или численное решение, задать шаг либо допуски вычислений.

5. Программная реализация. Разделить ввод параметров, вычисления, проверку и представление результатов.

6. Проверка решения. Сопоставить результат с эталоном, частным случаем или независимым расчётом.

7. Исследование и вывод. Объяснить влияние параметров и определить границы применимости модели.

В расчётном файле необходимо использовать понятные обозначения и комментарии к основным этапам. Исходные параметры рекомендуется задавать в одном месте, чтобы их изменение не требовало исправления формул по всему файлу.

4. Особенности работы по разделам дисциплины

При решении задач статики следует начинать с освобождения тела от связей и замены связей соответствующими реакциями. После определения неизвестных необходимо проверить суммы проекций сил и моментов. В задачах с трением покоя равенство силы трения предельному значению применяется только на границе возможного скольжения.

При изучении кинематики необходимо различать координаты, проекции скорости и ускорения, а также модули этих величин. Численные производные следует проверять на движении с известным аналитическим законом. При сравнении результатов необходимо учитывать различия формул во внутренних и граничных узлах временной сетки.

При решении задач динамики уравнения движения рекомендуется сначала записывать в механической форме, а затем преобразовывать к виду, необходимому численному решателю. Следует проверить порядок переменных в векторе состояния и соответствие им начальных условий. Моменты достижения поверхности, изменения режима движения и другие события необходимо определять по сформулированным условиям.

При исследовании колебаний следует отдельно рассматривать влияние массы, жёсткости, сопротивления и внешнего воздействия. Для вынужденного движения необходимо отделять переходный процесс от установившегося режима. При сравнении линейной и нелинейной моделей нужно указывать диапазон параметров, в котором расхождение остаётся приемлемым.

При решении задач со связями необходимо обосновывать число независимых координат. Условие качения без проскальзывания требует проверки достаточности трения, обеспечивающего такую связь.

5. Проверка достоверности результатов

В каждой работе необходимо выполнить предусмотренную заданием проверку. Для комплексного исследования рекомендуется использовать не менее двух независимых способов.

Возможные способы проверки:

- сопоставление с аналитическим решением;
- проверка размерностей и начальных условий;
- вычисление невязок уравнений равновесия или связей;
- проверка сохранения энергии либо баланса работы, энергии и потерь;
- сравнение решений при уменьшении шага или ужесточении допусков;
- рассмотрение симметричного или предельного случая.

Решения, полученные на разных временных сетках, следует сравнивать в одинаковые моменты времени. Увеличение числа точек на графике не следует считать самостоятельным доказательством повышения точности.

Необходимо различать ошибку вычислительного метода, ошибку программной реализации и ограниченность механической модели. Если результат не соответствует ожидаемому поведению системы, сначала проверяют постановку, единицы, знаки и начальные условия, затем — алгоритм и настройки решателя.

6. Организация самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает повторение теории, вывод зависимостей, подготовку и отладку расчётных файлов, выполнение серий вычислений, оформление отчётов и подготовку к защите.

После каждого практического занятия рекомендуется:

1. Завершить расчёт и устранить отмеченные недостатки.
2. Выполнить обязательные проверки.
3. Подготовить графики и таблицы.
4. Записать выводы своими словами.
5. Повторить вопросы, связанные с выполненной работой.

При работе с литературой и документацией следует фиксировать используемые формулы, условия их применимости и источники. Заимствованные программные функции необходимо понимать настолько, чтобы объяснить их назначение, входные данные и ограничения.

7. Оформление отчёта

Отчёт по практической работе должен содержать:

1. Название работы и условие задания.
2. Исходные данные с единицами измерения.
3. Расчётную схему и принятые допущения.
4. Уравнения и описание вычислительного метода.
5. Основные результаты.
6. Проверку достоверности.
7. Выводы.

Графики должны иметь подписи осей, единицы измерения и легенду при наличии нескольких зависимостей. Количество значащих цифр должно соответствовать точности исходных данных и расчёта.

В выводах следует указать полученные характеристики, результаты проверок и выявленные зависимости. Формулировка «задача решена» без объяснения результата недостаточна. К отчёту прилагается расчётный файл, позволяющий повторить вычисления.

8. Подготовка к защите и промежуточной аттестации

При защите необходимо уметь объяснить расчётную схему, основные уравнения, выбранный метод и способ проверки.

Следует быть готовым изменить один параметр, предварительно предположить направление изменения результата и выполнить повторный расчёт.

Подготовку к промежуточной аттестации рекомендуется строить по разделам дисциплины. Для каждого раздела нужно повторить основные механические зависимости, разобрать типовую задачу и восстановить порядок её компьютерного решения.

Особое внимание следует уделить самостоятельному выполнению полного цикла: условие — модель — уравнения — вычисление — проверка — вывод. Форму аттестации, сроки представления работ и применяемую шкалу оценивания необходимо уточнить у преподавателя.

9. Безопасная работа и применение результатов

При работе за компьютером следует соблюдать установленные в университете правила эксплуатации оборудования. При обнаружении неисправности необходимо прекратить использование оборудования и сообщить ответственному сотруднику. Выводы учебной модели должны соответствовать её допущениям. Результаты расчёта нельзя автоматически переносить на реальное оборудование без проверки исходных данных, условий эксплуатации и факторов, не учтённых в модели.