

Министерство образования Республики Беларусь
Учебно-методическое объединение по
химико-технологическому образованию
Учебно-методическое объединение по образованию в области
природопользования и лесного хозяйства
Учебно-методическое объединение по образованию в области
машиностроительного оборудования и технологий

УТВЕРЖДЕНА

Министерством образования
Республики Беларусь

20 мая 2015 г.

Регистрационный № ТД – I.1198/ тип.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальностей:

- 1-36 01 08 Конструирование и производство изделий из композиционных материалов;
- 1-36 05 01 Машины и оборудование лесного комплекса;
- 1-36 06 01 Полиграфическое оборудование и системы обработки информации;
- 1-36 07 01 Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов;
- 1-46 01 02 Технология деревообрабатывающих производств;
- 1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям) (направления -03; -04; -06; -07)

УДК 531(073)
ББК 22.21я73
Т 34

Составители:

В.С. Вихренко – профессор кафедры теоретической механики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», доктор физико-математических наук, профессор;

Р.Н. Ласовский – старший преподаватель кафедры теоретической механики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат физико-математических наук;

Г.М. Хвесько – доцент кафедры теоретической механики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент.

Рецензенты:

Кафедра теоретической механики Белорусского национального технического университета;

А.Н. Орда – заведующий кафедрой теоретической механики и теории механизмов и машин учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет, доктор технических наук, профессор

Рекомендована к утверждению в качестве типовой:

Кафедрой теоретической механики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 9 от 15.04.2014 г.); Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от 19.05.2014 г.); Научно-методическим советом по лесотехническому образованию Учебно-методического объединения по образованию в области природопользования и лесного хозяйства (протокол № 9 от 23.05.2014 г.); Научно-методическим советом по машинам и аппаратам химических, пищевых и текстильных производств Учебно-методического объединения по химико-технологическому образованию (протокол № 3 от 09.06.2014 г.); Научно-методическим советом по полиграфии Учебно-методического объединения по химико-технологическому образованию (протокол № 8 от 18.06.2014 г.); Научно-методическим советом по автоматизации технологических процессов и производств Учебно-методического объединения по химико-технологическому образованию (протокол № 3 от 09.06.2014 г.); Научно-методическим советом по конструированию и производству изделий из композиционных материалов Учебно-методического объединения по образованию в области машиностроительного оборудования и технологий (протокол № 3 от 10.06.2014 г.)

Согласована:

Учебно-методическим объединением по химико-технологическому образованию; Учебно-методическим объединением по образованию в области природопользования и лесного хозяйства; Учебно-методическим объединением по образованию в области машиностроительного оборудования и технологий; Управлением высшего образования Министерства образования Республики Беларусь; Государственным учреждением образования «Республиканский институт высшей школы»

Т Теоретическая механика: типовая учебная программа по учебной дисциплине для специальностей: 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»; 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»; 1-36 06 01 «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации»; 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»; 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»; 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям) (направления -03; -04; -06; -07)» / сост.: В.С. Вихренко, Р.Н. Ласовский, Г.М. Хвесько. – Минск: БГТУ, 2015.

УДК 531(073)

ББК 22.21я73

Т 34

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2015.

© Вихренко В.С., Ласовский Р.Н., Хвесько Г.М., 2015.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель и задачи учебной дисциплины

Теоретическая механика – одна из фундаментальных общенаучных дисциплин, на материале которой базируются такие важные для инженерного образования дисциплины как "Механика материалов и конструкций", "Теория механизмов и машин", "Детали машин и основы конструирования", "Гидравлика и гидропривод", а также большое число специальных инженерных дисциплин, посвященных изучению машин и различных видов транспорта, методам расчета сооружений различного функционального назначения.

Теоретическая механика наряду с математикой и физикой представляет собой дисциплину, изучение которой способствует расширению научного кругозора и повышению общей технической культуры будущего специалиста. Она является теоретической базой современной техники, которая дает тот необходимый объем фундаментальных знаний, на основе которого будущий специалист сможет овладеть всем новым, с чем ему придется столкнуться в ходе практической работы.

Цель дисциплины: ознакомить студентов с наиболее фундаментальными принципами, лежащими в основе описания движения механических систем и общими аналитическими методами определения характеристик этого движения, и как результат подготовить студентов к последующему изучению дисциплин специализации, к выполнению учебной и научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- выяснение сущности научного подхода к описанию механического движения и роли математических методов в этом;
- развитие у обучаемых навыков использования механических моделей для анализа движения реальных практически важных механических систем;
- овладение студентами методами и приемами решения формализованных механических задач и приемами исследования получаемых решений.

Требования к освоению учебной дисциплины

Образовательными стандартами специальностей предусматривается, что студент, освоивший курс теоретической механики, должен

знать:

- общие принципы механики, на основе которых формулируются уравнения равновесия, получаются дифференциальные уравнения движения материальной точки и механических систем;
- основные законы статики;
- основные законы динамики механических систем;
- уравнения динамики механических систем;
- законы о преобразовании кинетической и потенциальной энергии;
- законы и общие принципы классической механики, на основе которых формулируются уравнения равновесия и дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы;
- общие теоремы и основные методы динамики материальной точки и механических систем;
- основные кинематические закономерности движения точки и твердого тела;
- методы решения задач статики, кинематики, динамики и анализа результатов решения этих задач.
- законы классической механики;
- общие принципы механики, на основе которых формулируются уравнения равновесия, получаются дифференциальные уравнения движения материальной точки и механической системы;
- основные понятия и законы статики твердого тела, кинематики и динамики материальной точки, твердого тела и механической системы;

- методы решения задач статики, кинематики и динамики;

уметь:

- строить механические модели элементов конструкций, машин и механизмов;
- решать типовые задачи механики точки, твердого тела и механической системы;
- составлять и решать системы линейных алгебраических уравнений для определения реакций связей;
- приводить систему сил к простейшему виду, определять положение центра тяжести;
- решать задачи кинематики точки, поступательного, вращательного, сферического и плоскопараллельного движения твердого тела и движения простых механизмов;
- решать линейные и простейшие нелинейные дифференциальные уравнения, а также использовать общие теоремы и другие методы динамики для предсказания характера движения точки и механической системы;
- анализировать результаты решения задач статики, кинематики и динамики;
- рассчитывать механические системы в статических режимах;
- составлять математические уравнения механических систем;
- находить кинематические характеристики точки и твердого тела;
- рассчитывать и моделировать работу механических систем в динамических режимах.

владеть:

- общими методиками решения задач статики, навыками описания кинематического и динамического поведения материальной точки и механической системы;
- методами определения кинематических параметров движения и динамических характеристик механической системы;
- методами анализа поведения материальной точки и механической системы под действием системы сил;
- методами расчета равновесия твердых тел и кинематики их движения, методами динамического описания движений, расчета механических систем;
- методами описания систем в статических и динамических режимах;
- приемами решения задач статики, кинематики и динамики;
- навыками расчета траектории движения точки под действием внешних воздействий;
- навыками компьютерного анализа механических систем.

**Формируемые академические, социально-личностные
и профессиональные компетенции**

Академические компетенции

Студент должен:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- Владеть системным и сравнительным анализом;
- Владеть исследовательскими навыками;
- Уметь работать самостоятельно;
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- Владеть исследовательскими навыками;
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течении всей жизни;

Социально-личностные компетенции

Студент должен:

- Обладать качествами гражданственности;
- Быть способным к социальному взаимодействию;
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- Быть способным к критике и самокритике;
- Использовать знания основ социологии, физиологии и психологии труда;
- Уметь работать в команде;

Профессиональные компетенции

Студент должен быть способен:

- Использовать информационные, компьютерные технологии;
- Внедрять современные технологии управления и системы автоматизации производством;
- Внедрять и использовать современные технологические решения на производстве;
- Разрабатывать проектно-сметную и иную документацию и находить оптимальные проектные решения;
- Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленной задачи;
- Оценивать затраты труда, результаты и качество работы исполнителей;
- Составлять организационно-распорядительную документацию по установленным формам с использованием информационных технологий и компьютерных средств;
- Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой;
- Взаимодействовать со специалистами смежных профилей;
- Анализировать и оценивать собранные данные;
- Вести переговоры, разрабатывать контракты с другими заинтересованными участниками;
- Готовить доклады и материалы к презентациям, пользоваться глобальными информационными ресурсами и средствами телекоммуникаций;
- Владеть принципами и основными навыками, приемами, методами настройки, адаптации и сопровождения информационных систем и технологий в профессиональной деятельности;
- Применять прогрессивные энергоэффективные и ресурсосберегающие полиграфические технологии;
- Проводить контроль качества и сертификацию печатной продукции;
- Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности, пожарной и экологической безопасности при работах с вычислительной техникой и информационными системами и технологиями;
- Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;
- Анализировать и объективно оценивать достижения науки и техники в области процессов, машин и аппаратов, перспективы и направления развития;
- Разрабатывать методы и технические средства экспериментального исследования машин, агрегатов и процессов, метрологического, программного, организационно-методического обеспечения;
- Организовывать и проводить экспериментальные исследования машин, аппаратов, технологических процессов и средств технологического оснащения по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований;
- Оценивать предлагаемые технических решения по конструкции изделий путем изготовления и испытаний моделей и макетов;
- Применять эффективную организацию производственных процессов, включая рациональное построение производственных систем. Применять прогрессивные, энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии при освоении лесосечного фонда;

– Разрабатывать технологию жизнеобеспечения систем автоматизации в области химико-технологических процессов, технологических процессов сбора, передачи и обработки информации энергопотребления, производств лесной, машиностроительной промышленности;

– Использовать современные информационные, компьютерные технологии программирования контроллеров, эксплуатировать технические средства систем автоматизации;

– Применять прогрессивные энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии монтажа и наладки средств автоматизации;

– На основе обслуживания и диагностики оборудования разрабатывать планы ремонта и руководить их реализацией;

– Организовывать и проводить рациональное обслуживание систем автоматизации.

Структура содержания учебной дисциплины

Данная типовая программа разработана в соответствии с образовательными стандартами и типовыми учебными планами для специальностей 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»; 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»; 1-36 06 01 «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации»; 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»; 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»; 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» (направления -03; -04; -06; -07). На изучение дисциплины отводится максимально 384 часа, в том числе от 122 до 228 учебных часов аудиторных занятий. В часы, отводимые на самостоятельную работу по учебной дисциплине, включается дополнительное время, предусмотренное на подготовку к экзаменам. Примерное распределение часов по видам занятий составляет:

№ п.п.	Шифр и название специальности, направления специальности	Количество учебных часов		
		Аудиторных	Лекций	Практических занятий
1	1-36 01 08 Конструирование и производство изделий из композиционных материалов	194	106	88
2	1-36 05 01 Машины и оборудование лесного комплекса	228	122	106
3	1-36 06 01 Полиграфическое оборудование и системы обработки информации	140	70	70
4	1-36 07 01 Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов	212	106	106
5	1-46 01 02 Технология деревообрабатывающих производств	123	70	53
6	1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям) (направления -03; -04; -06; -07)	122	70	52

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

для специальностей 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»*, 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»

№ темы	Название тем	Количество часов	
		лекции	практические занятия
	Введение	1	
	Раздел 1. Статика	17	18
1.1	Введение в статику. Система сходящихся сил	4	2
1.2	Плоская произвольная система сил. Теория пар сил	6	6
1.3	Произвольная пространственная система сил	4	6
1.4	Центр параллельных сил и центр тяжести	1	2
1.5	Трение	2	2
	Раздел 2. Кинематика	28	28
2.1	Введение в кинематику. Кинематика точки	12	12
2.2	Кинематика твердого тела	16	16
	Раздел 3. Динамика	60	60/42*
3.1	Введение в динамику. Динамика материальной точки	4	6/4*
3.2	Динамика механической системы. Общие теоремы динамики	14	16/12*
3.3	Принцип Даламбера	4	4
3.4	Динамика твердого тела	6	4
3.5	Элементы аналитической механики	14	16/10*
3.6	Теория колебаний	12	12/8*
3.7	Теория удара	6	2/0*
	Количество часов	106	106(88)*
	Итого	212(194)*	

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

для специальностей 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»

№ темы	Название тем	Количество часов	
		лекции	практические занятия
	Введение	2	2
	Раздел 1. Статика	18	18
1.1	Введение в статику. Система сходящихся сил	4	2
1.2	Плоская произвольная система сил. Теория пар сил	6	6

* только для специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»

1.3	Произвольная пространственная система сил	4	6
1.4	Центр параллельных сил и центр тяжести	2	2
1.5	Трение	2	2
	Раздел 2. Кинематика	36	28
2.1	Введение в кинематику. Кинематика точки	12	12
2.2	Кинематика твердого тела	24	16
	Раздел 3. Динамика	66	58
3.1	Введение в динамику. Динамика материальной точки	10	4
3.2	Динамика механической системы. Общие теоремы динамики	18	14
3.3	Принцип Даламбера	4	4
3.4	Динамика твердого тела	6	4
3.5	Элементы аналитической механики	10	14
3.6	Теория колебаний	12	12
3.7	Теория удара	6	6
	Количество часов	122	106
	Итого	188	

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»
для специальности
1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»**

№ темы	Название тем	Количество часов	
		лекции	практические занятия
	Введение	1	
	Раздел 1. Статика	13	16
1.1	Введение в статику. Система сходящихся сил	2	2
1.2	Плоская произвольная система сил. Теория пар сил	3	8
1.3	Произвольная пространственная система сил	4	4
1.4	Центр параллельных сил и центр тяжести	2	0
1.5	Трение	2	2
	Раздел 2. Кинематика	16	14
2.1	Введение в кинематику. Кинематика точки	8	6
2.2	Кинематика твердого тела	8	8
	Раздел 3. Динамика	40	23
3.1	Введение в динамику. Динамика материальной точки	2	2
3.2	Динамика механической системы. Общие теоремы динамики	8	5
3.3	Принцип Даламбера	4	2
3.4	Динамика твердого тела	8	4
3.5	Элементы аналитической механики	12	6

3.6	Теория колебаний	6	4
3.7	Теория удара	0	0
	Количество часов	70	53
	Итого	123	

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

для специальностей 1-36 06 01 «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации», 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств»
(по направлениям) (направления -03; -04;-06;-07)**

№ темы	Название тем	Количество часов	
		лекции	практические занятия
	Введение	1	
	Раздел 1. Статика	13	16
1.1	Введение в статику. Система сходящихся сил	2	2
1.2	Плоская произвольная система сил. Теория пар сил	3	8
1.3	Произвольная пространственная система сил	4	4
1.4	Центр параллельных сил и центр тяжести	2	0
1.5	Трение	2	2
	Раздел 2. Кинематика	16	14
2.1	Введение в кинематику. Кинематика точки	8	6
2.2	Кинематика твердого тела	8	8
	Раздел 3. Динамика	40	40/22**
3.1	Введение в динамику. Динамика материальной точки	2	2
3.2	Динамика механической системы. Общие теоремы динамики	8	6/4**
3.3	Принцип Даламбера	4	4/2**
3.4	Динамика твердого тела	8	10/4**
3.5	Элементы аналитической механики	12	14/6**
3.6	Теория колебаний	6	4
3.7	Теория удара	0	0
	Количество часов	70	70/52**
	Итого	140/122**	

** только для специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств»

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Механическое движение как одна из форм движения материи. Предмет механики - изучение механического движения и механического взаимодействия материальных тел, содержание разделов механики. Теоретическая механика как одна из фундаментальных физико-математических наук; ее мировоззренческое значение и место среди других естественных и технических наук.

Объективный характер законов механики. Значение теоретической механики как научной базы большинства областей современной техники. Значение механики для специалистов данного профиля. Основные исторические этапы развития механики.

Раздел 1. Статика

1.1. Введение в статику. Система сходящихся сил. Предмет статики. Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, сила, эквивалентные и уравновешенные системы сил, равнодействующая, силы внешние и внутренние. Аксиомы статики. Связи и реакции связей.

Геометрический и аналитический способы сложения сил. Проекция силы на ось и на плоскость. Равнодействующая сходящихся сил. Геометрические и аналитические условия равновесия сходящихся сил. Теорема о равновесии тела под действием трех непараллельных сил.

1.2. Плоская произвольная система сил. Теория пар сил. Алгебраический момент силы относительно центра. Свойства момента.

Понятие о паре сил. Алгебраический момент пары сил. Момент пары сил как вектор. Теорема о сумме моментов сил пары относительно центра. Теоремы об эквивалентности пар. Сложение пар сил, расположенных в плоскости и в пространстве. Теорема о параллельном переносе силы.

Приведение плоской произвольной системы сил к единому центру. Условия равновесия плоской системы сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Распределенная нагрузка.

Равновесие системы тел. Статически определимые, статически неопределимые и изменяемые системы. Расчет ферм. Способ вырезания узлов и способ сечений (способ Риттера).

1.3. Произвольная пространственная система сил. Момент силы относительно центра как вектор. Момент силы относительно оси. Зависимость между моментами силы относительно центра и относительно оси, проходящей через этот центр. Аналитические выражения момента силы относительно координатных осей.

Приведение системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил. Приведение системы сил к равнодействующей. Частные случаи приведения системы сил. Равновесие различных систем сил и различные виды уравнений равновесия. Представление уравнений равновесия в матричной форме.

Использование ЭВМ для решения систем линейных уравнений для определения реакций связей.

Приведение системы сил к динаме (динамическому винту). Минимальный главный момент системы сил. Зависимость между главными моментами системы сил относительно двух произвольно выбранных центров приведения. Инварианты системы сил.

1.4. Центр параллельных сил и центр тяжести. Приведение системы параллельных сил к равнодействующей. Центр системы параллельных сил, его радиус-вектор и координаты. Центр тяжести твердого тела. Центр тяжести объема, площади и линии. Способы определения положения центров тяжести тел.

1.5. Трение. Трение скольжения при покое (сцепление) и при движении. Законы трения скольжения. Реакция шероховатой поверхности. Угол и конус трения (сцепления).

Область равновесия. Равновесие тел при наличии трения. Трение качения. Коэффициент трения качения. Момент трения качения. Понятие о трении верчения.

Раздел 2. Кинематика

2.1. Введение в кинематику. Кинематика точки. Предмет кинематики. Пространство и время в классической механике. Относительность механического движения. Система отсчета. Задачи кинематики.

Векторный, координатный и естественный способы задания движения точки. Траектория точки. Связь между различными способами задания движения. Полярные, цилиндрические и сферические координаты, их связь с декартовыми.

Скорость точки при векторном, координатном (декартовы координаты) и естественном способах задания движения. Годограф вектора скорости.

Ускорение точки при векторном, координатном и естественном способах задания движения. Естественный трехгранник, естественные оси кривой, вектор кривизны кривой. Проекция вектора ускорения на оси естественного трехгранника. Касательное и нормальное ускорения точки. Частные случаи движения точки.

Скорость и ускорение точки в полярных координатах.

Понятие о криволинейных координатах. Скорость и ускорение точки в криволинейных ортогональных координатах. Определение скорости и ускорения точки при задании ее движения в сферических и цилиндрических координатах.

Составное движение точки. Абсолютное и относительное движения точки; переносное движение. Теорема о сложении скоростей. Теорема Кориолиса о сложении ускорений. Модуль и направление кориолисова ускорения. Случай поступательного переносного движения.

2.2. Кинематика твердого тела. Поступательное движение твердого тела. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях точек твердого тела при поступательном движении.

Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращательного движения тела. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорость и ускорение точки твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. Выражение скорости точки вращающегося тела и ее вращательного (касательного) и центростремительного (нормального) ускорений в виде векторных произведений.

Плоскопараллельное (плоское) движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости. Уравнения движения плоской фигуры. Разложение движения плоской фигуры на поступательное вместе с полюсом и вращательное вокруг полюса. Независимость угловой скорости и углового ускорения плоской фигуры от выбора полюса. Определение скорости любой точки фигуры как геометрической суммы скорости полюса и скорости этой точки при вращении фигуры вокруг полюса. Теорема о проекциях скоростей двух точек фигуры. Мгновенный центр скоростей; определение с его помощью скоростей точек плоской фигуры. Мгновенный центр вращения. Подвижная и неподвижная центроиды. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорения полюса и ускорения этой точки при вращении фигуры вокруг полюса. Мгновенный центр ускорений. Определение ускорения любой точки плоской фигуры с помощью мгновенного центра ускорений.

Решение на ЭВМ систем нелинейных уравнений для исследования кинематики механизмов.

Сложение вращений тела вокруг пересекающихся и параллельных осей. Пара вращений. Кинематический винт. Мгновенная винтовая ось. Кинематический расчет зубчатых передач методом Виллиса.

Движение твердого тела вокруг неподвижной точки или сферическое движение. Углы Эйлера. Уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Теорема Эйлера-Даламбера о перемещении твердого тела, имеющего одну неподвижную точку. Мгновенная ось вращения. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. Определение скоростей и ускорений точки тела. Кинематические уравнения Эйлера.

Общий случай движения свободного твердого тела. Уравнения движения свободного твердого тела. Разложение этого движения на поступательное вместе с полюсом и движение вокруг полюса. Определение скоростей и ускорений точек тела.

Раздел 3. Динамика

3.1. Введение в динамику. Динамика материальной точки. Основные понятия и определения: масса, материальная точка, сила; постоянные и переменные силы. Законы классической механики или законы Галилея-Ньютона. Инерциальная система отсчета. Задачи динамики.

Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки в декартовых прямоугольных координатах и в проекциях на оси естественного трехгранника. Две основные задачи динамики для материальной точки. Решение первой задачи динамики. Решение второй задачи динамики; постоянные интегрирования и их определение по начальным условиям.

Несвободное движение материальной точки. Дифференциальные уравнения движения точки по заданной гладкой неподвижной кривой. Определение закона движения и реакции связи.

Относительное движение материальной точки. Дифференциальные уравнения относительного движения точки; переносная и кориолисова силы инерции. Принцип относительности в классической механике. Случай относительного покоя. Влияние вращения Земли на движение тел.

3.2. Динамика механической системы. Общие теоремы динамики. Механическая система. Классификация сил, действующих на механическую систему: силы внешние и внутренние, задаваемые (активные) силы и реакции связей. Свойства внутренних сил. Геометрия масс. Масса системы. Центр масс системы и его координаты.

Моменты инерции системы и твердого тела относительно плоскости, оси и полюса. Радиус инерции. Теорема о моментах инерции относительно параллельных осей. Осевые моменты инерции некоторых тел.

Момент инерции относительно оси любого направления, проходящей через начало координат. Центробежные моменты инерции. Главные оси и главные моменты инерции. Свойства главных осей и главных центральных осей инерции. Понятие о тензоре инерции.

Дифференциальные уравнения движения механической системы. Интегрирование дифференциальных уравнений движения на ЭВМ. Понятие о разностном представлении дифференциального уравнения. Разностная схема Эйлера. Интегрирование уравнений движения в рамках пакетов прикладных программ. Теорема о движении центра масс системы. Следствия из теоремы о движении центра масс системы.

Импульс (количество движения) материальной точки и механической системы. Элементарный импульс и импульс силы за конечный промежуток времени. Теорема об изменении импульса точки в дифференциальной и интегральной формах. Теорема об изменении импульса системы в дифференциальной и интегральной формах. Закон сохранения импульса.

Момент импульса (момент количества движения) точки относительно центра и оси. Теорема об изменении момента импульса точки в случае центральной силы. Понятие о секторной скорости. Закон площадей.

Главный момент количества движения или кинетический момент механической системы относительно центра и оси. Кинетический момент вращающегося твердого тела относительно оси вращения. Теорема об изменении кинетического момента системы.

Закон сохранения кинетического момента. Собственный и орбитальный кинетический момент. Теорема об изменении собственного кинетического момента системы.

Элементарная работа силы; ее аналитическое выражение. Работа силы на конечном перемещении. Работа силы тяжести, силы упругости и силы тяготения. Работа внутренних сил, действующих в твердом теле. Работа сил, приложенных к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси. Работа сил при поступательном и плоскопараллельном движениях твердого тела. Работа сил, приложенных к катящемуся телу, при наличии трения качения. Мощность.

Кинетическая энергия материальной точки и механической системы. Вычисление кинетической энергии твердого тела в различных случаях его движения. Теорема Кенига. Теорема об изменении кинетической энергии точки в дифференциальной и интегральной формах. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы в дифференциальной и интегральной формах.

Понятие о силовом поле. Потенциальное силовое поле и потенциальная энергия. Выражение проекций силы через потенциальную энергию. Работа силы на конечном перемещении точки в потенциальном силовом поле. Примеры вычисления потенциальной энергии. Закон сохранения механической энергии консервативной системы.

3.3. Принцип Даламбера. Принцип Даламбера для материальной точки; сила инерции. Принцип Даламбера для механической системы. Главный вектор и главный момент сил инерции. Приведение системы сил инерции твердого тела к центру. Определение с помощью принципа Даламбера динамических реакций при несвободном движении точки и механической системы.

3.4. Динамика твердого тела. Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Дифференциальное уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси. Физический маятник. Опытное определение моментов инерции тел. Дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела.

Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси. Понятие о статической и динамической балансировках.

Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Кинематические и динамические уравнения Эйлера. Движение уравновешенного симметричного гироскопа. Движение твердого тела в случае Эйлера; геометрическая интерпретация Пуансо. Качественное исследование движения тяжелого гироскопа - случай Лагранжа.

Элементарная теория гироскопа. Кинетический момент быстровращающегося гироскопа. Теорема Резаля. Гироскопический момент. Гироскопические реакции. Примеры применения гироскопа в технике.

3.5. Элементы аналитической механики. Связи и их уравнения. Классификация связей; голономные и неголономные, стационарные и нестационарные, удерживающие и недерживающие связи. Возможные и действительные перемещения системы. Число степеней свободы системы. Идеальные связи.

Принцип возможных перемещений или принцип Лагранжа. Применение принципа возможных перемещений к определению реакций связей и к простейшим машинам. Принцип Даламбера–Лагранжа или общее уравнение динамики.

Обобщенные координаты системы. Обобщенные силы и их вычисление. Случай сил, имеющих потенциал. Условия равновесия системы в обобщенных координатах.

Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах или уравнения Лагранжа второго рода. Кинетический потенциал. Уравнения Лагранжа второго рода для консервативных систем. Диссипативная функция Релея.

3.6. Теория колебаний. Колебания материальной точки. Частота, период, амплитуда и фаза гармонических колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.

Понятие об устойчивости равновесия механической системы; теорема Лагранжа–Дирихле. Малые колебания механической системы с одной степенью свободы около

положения устойчивого равновесия: свободные гармонические колебания и их свойства, частота и период колебаний, амплитуда и начальная фаза колебаний; свободные затухающие колебания при сопротивлении, пропорциональном скорости, период и декремент этих колебаний, случай апериодического движения; вынужденные колебания при гармонической возмущающей силе и сопротивлении, пропорциональном скорости, коэффициент динамичности, резонанс. Исследование фазы и амплитуды вынужденных колебаний.

Малые свободные колебания механической системы с двумя степенями свободы и их свойства, собственные частоты и коэффициенты формы. Затухающие и вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы. Понятие о виброзащите. Динамический гаситель колебаний.

3.7. Теория удара. Явление удара. Ударная сила и ударный импульс. Действие ударной силы на материальную точку. Теорема об изменении импульса материальной точки и механической системы при ударе. Прямой центральный удар тела о неподвижную поверхность; упругий и неупругий удары. Коэффициент восстановления при ударе и его опытное определение. Прямой центральный удар двух тел. Потеря кинетической энергии при прямом центральном ударе двух тел.

Теорема об изменении кинетического момента механической системы при ударе. Действие ударных сил на твердое тело, вращающееся вокруг неподвижной оси. Центр удара.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики: учеб. пособие для вузов / Н.В.Бутенин, Я.Л.Лунц, Д.Р.Меркин. – СПб.: Лань, 2004. – 730 с.
2. Гернет М.М. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / М.М.Гернет. – М.: Высшая школа, 1987. – 343 с.
3. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / Под ред. К.С. Колесникова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 736 с.
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / Н.Н.Никитин. – М.: Высшая школа, 2003. – 720 с.
5. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для вузов / С.М.Тарг. – М.: Высшая школа, 2007. – 416 с.
6. Хвясцько Г.М. Курс тэарэтычнай механікі: вуч. дапаможнік для вышэйшых тэхн. навучальных устаноў / Г.М.Хвясцько. – Мінск: БДТУ, 2000. – 354 с.
7. Яблонский А.А. Курс теоретической механики: учеб. пособие для вузов по техническим специальностям / А.А.Яблонский, В.М.Никифорова. – М.: Лань, 2004. – 765 с.
8. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике: учеб. пособие для вузов / И.В.Мещерский. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2004. – 448 с.
9. Сборник задач по теоретической механике: учеб. пособие для вузов / К.С.Колесников [и др.]; под ред. К.С.Колесникова. – М.: Наука, 1989. – 446 с.
10. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб. пособие для вузов / А.А.Яблонский [и др.]; под общ. ред. А.А.Яблонского. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 382 с.
11. Хвясцько Г.М. Тэарэтычная механіка: практыкум: у 2 кн. / Г.М.Хвясцько. – Мінск: БДТУ, 2005. – 2 кн.

Дополнительная

1. Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. / И.М.Бать, Г.Ю.Джанелидзе, А.С.Кельзон. – М.: Наука, 1990. – 2 кн.
2. Сборник задач по теоретической механике: учеб. пособие для вузов / Н.А.Бражниченко [и др.]. – М.: Высшая школа, 1986. – 479 с.
3. Бутенин Н.В. Введение в теорию нелинейных колебаний / Н.В.Бутенин, Ю.И.Неймарк, Н.А.Фуфаев. – М.: Наука, 1987. – 384 с.
4. Вихренко В. С. Кинематика составного и плоскопараллельного движений: учеб. пособие / В.С.Вихренко, Я.Г.Грода. – Минск: БГТУ, 2005. – 90 с.
5. Вихренко В.С. Теоретическая механика: лабораторный практикум / В.С.Вихренко, Д.В.Гапанюк, Я.Г.Грода. – Минск: БГТУ, 2004. – 58 с.
6. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. / Л.Г.Лойцянский, А.И.Лурье. – М.: Наука, 1982,1983. – 2 кн.
7. Новожилов И.В. Типовые расчеты по теоретической механике на базе ЭВМ : учеб. пособие / И.В.Новожилов, М.Ф.Зацепин. – М.: Высшая школа, 1986. – 134 с.
8. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний: учеб. пособие / Я.Г.Пановко. – М.: Наука, 1991. – 255 с.
9. Хвясцько Г.М. Тэарэтычная механіка: тэсты для студэнтаў тэхнічных спецыяльнасцей/ Г.М.Хвясцько. – Мінск: БДТУ, 2007. – 171с.
10. Яблонский А.А. Курс теории колебаний: учеб. пособие для вузов / А.А.Яблонский, С.С.Норейко. – М.: Высшая школа, 1975. – 248 с.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Для более эффективного усвоения материала курса, привития навыков решения задач и осуществления текущего контроля за учебной работой по каждой пройденной теме на практическом занятии студентам даются соответствующие индивидуальные домашние задания (решение 1-2 задач из [8, 9] или аналогичных задач, составленных кафедрой, а также изучение материала по учебнику). Выполнение домашних заданий систематически контролирует преподаватель, ведущий практические занятия, путем собеседования на консультациях и при приеме расчетно-графических работ.

Для привития необходимых инженеру навыков самостоятельной работы и навыков практического использования методов теоретической механики студенты выполняют за время изучения курса теоретической механики от двух до шести расчетно-графических работ, каждая из которых включает не менее двух задач (заданий).

Работы выполняются по материалам книг [10,11] или по аналогичным материалам, разработанным кафедрой. Конкретное содержание работ и их распределение по разделам курса устанавливается ведущим на данной специальности преподавателем. Результаты самостоятельной работы учитываются как составная часть отметки по дисциплине в рамках рейтинговой системы.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующие средства диагностики:

- проведение текущих контрольных работ по отдельным темам;
- собеседование по индивидуальным заданиям;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачета;
- сдача экзамена.

Примерный перечень практических занятий

Статика

1. Элементы векторной алгебры.
2. Сходящаяся система сил.
3. Плоская произвольная система сил.
4. Плоская произвольная система сил.
5. Учет сил трения в задачах статики.
6. Составные конструкции, состоящие из балок.
7. Составные конструкции, состоящие из рам.
8. Решение пространственных задач статики сведением к системе плоских задач.
9. Пространственная произвольная система сил
10. Центр тяжести

Кинематика

11. Кинематика точки при координатном способе задания движения
12. Кинематика точки при естественном способе задания движения
13. Обратная задача кинематики точки.
14. Простейшие виды движения
15. Передача вращательных движений
16. Кинематика зубчатых, цепных и ременных передач. Вариаторы.
17. Составное движение точки.
18. Составное движение точки.

19. Сферическое движение. Сложение вращений относительно пересекающихся осей.
20. Расчет скоростей точек плоских механизмов.
21. Расчет ускорений точек плоских механизмов.
22. Построение планов скоростей и ускорений.
23. Расчет кулисных и кулачковых механизмов.
24. Сложение вращений относительно параллельных осей.

Динамика

25. Динамика точки.
26. Собственные колебания материальной точки.
27. Вынужденные колебания материальной точки.
28. Теорема о движении центра масс и об изменении количества движения.
29. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
30. Динамические характеристики механических систем.
31. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.
32. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.
33. Дифференциальное уравнение вращательного движения твердого тела.
34. Теорема об изменении кинетического момента
35. Динамика плоскопараллельного движения.
36. Динамика относительного движения.
37. Влияние вращения Земли на движение материальной точки.
38. Принцип Даламбера.
39. Определение динамических реакций по принципу Даламбера.
40. Принцип возможных перемещений.
41. Определение реакций с помощью принципа возможных перемещений.
42. Общее уравнение динамики.
43. Вычисление обобщенных сил.
44. Уравнение Лагранжа второго рода .
45. Уравнение Лагранжа второго рода для консервативных систем.
46. Динамика системы с двумя степенями свободы.
47. Движение системы вблизи положения равновесия.
48. Малые гармонические колебания механической системы.
49. Малые колебания механической системы при наличии сил сопротивления.
50. Вынужденные колебания механической системы.
51. Определение динамических реакций.
52. Влияние ударных воздействий на вращающиеся тела.
53. Влияние ударных воздействий на тела, движущиеся плоскопараллельно.

Учебное издание

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальностей:

1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»; 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»; 1-36 06 01 «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации»; 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»; 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств»; 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям) (направления -03; -04; -06; -07)»

Составители:

Вихренко Вячеслав Степанович
Ласовский Руслан Николаевич
Хвесько Геннадий Михайлович

Ответственный за редакцию Р. Н. Ласовский
Ответственный за выпуск Р. Н. Ласовский

Подписано в печать 02.06.2015 Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 1,31
Тираж 11 экз. Заказ 129.

Издатель и полиграфическое оформление
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
Распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
ЛИ « 02330/12 от 30.12.2015.
Ул. Свердлова 13а, 220006, г. Минск