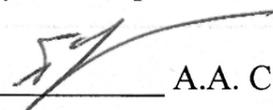


Контрольный экземпляр

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе, доцент

  
А.А. Сакович  
«31» 01 2019 г.

Регистрационный № УД- 918 /уч.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:**

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

**1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»**

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов первой – ступени высшего образования ОСВО 1-36 01 08 – 2019 специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» и ОСВО 1-36 07 02 – 2019 специальности «Производство изделий на основе трехмерных технологий» и учебных планов рег. № 36 – 002 / пр – уч, № 36 – 1 – 004 / пр – уч, утвержденных 29.06.2018 г.

**Составитель:**

**Г.М. Хвесько**, доцент кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент.

**Рецензенты:**

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

**А.И. Сурус** – доцент кафедры материаловедения и проектирования технических систем учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент.

**Рекомендована к утверждению:**

Кафедрой механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от 27.12.2018 г.)

Методической комиссией факультета химической технологии и техники УО БГТУ (протокол № 5 от 23.01.2019 г.)

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 4 от 31.01 2019 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Место 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, гидромашин и гидропривод", а также большое число специальных инженерных дисциплин, посвященных изучению машин и различных видов транспорта, методам расчета сооружений различного функционального назначения.

### Цель преподавания учебной дисциплины

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.

### Задачи учебной дисциплины

В процессе изучения теоретической механики решается комплекс задач, при реализации которых студенты усваивают необходимые знания в области анализа механических движений, принципов работы механизмов, формируют для себя подходы к решению задач механики, овладевают методами приобретения новых знаний и умений.

В результате изучения учебной дисциплины «Теоретическая механика» формируются следующие **компетенции**: БПК5 – владеть основными теоретическими положениями кинематики и динамики для понимания принципов устройства механизмов и машин и их аналитического исследования; быть способным разрабатывать и анализировать кинематические схемы механизмов и машин.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен **знать:**

- основные понятия и законы статики твердого тела, кинематики и динамики материальной точки, твердого тела и механической системы;
- основные кинематические закономерности движения точки и твердого тела;
- общие теоремы и основные методы динамики материальной точки и механических систем; методы решения задач статики, кинематики и динамики.

**уметь:**

- строить механические модели элементов конструкций, машин и механизмов;
- составлять и решать системы линейных алгебраических уравнений для определения реакций

связей;

- решать задачи кинематики точки, поступательного, вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела;
- решать линейные и простейшие нелинейные дифференциальные уравнения, а также использовать общие теоремы и другие методы динамики для описания поведения точки и механической системы;
- анализировать результаты решения задач статики, кинематики и динамики.

**владеть:**

- общими принципами механики, на основе которых формулируются уравнения равновесия, получаются дифференциальные уравнения движения материальной точки и механических систем;
- 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.

**Связи с другими учебными дисциплинами**

Для изучения теоретической механики необходимо освоение следующих разделов математики:

- евклидовой геометрии и тригонометрии;
- элементов линейной алгебры и аналитической геометрии;
- основы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных;
- элементы векторного анализа.

Теоретическая механика нужна для изучения механики материалов и конструкций, теории механизмов и машин, деталей машин и основ конструирования.

**План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования**

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)			Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Практические занятия	
1-36 01 08	Конструирование и производство изделий из композиционных материалов	1	2	60	2	34	17	17	зачет экзамен зачет
		2	3 4	180 110	5 3	102 72	51 36	51 36	
1-36 07 02	Производство изделий на основе трехмерных технологий	1	2	60	2	34	17	17	зачет экзамен зачет
		2	3 4	180 110	5 3	102 72	51 36	51 36	

## 2. 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.

### РАЗДЕЛ 1. СТАТИКА

#### *Тема 1. Введение в статику*

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.

#### *Тема 2. Система сходящихся сил*

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.

#### *Тема 3. Момент силы относительно центра и оси*

Алгебраический момент силы относительно центра. Свойства момента. 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.

#### *Тема 4. Теория пар сил*

Понятие о паре сил. Алгебраический момент пары сил. Момент пары сил как вектор. Теорема о сумме моментов сил пары относительно центра. Сложение пар сил, расположенных в плоскости и в пространстве. Условия равновесия пар сил.

#### *Тема 5. Произвольная пространственная система сил*

**5.1.** Приведение силы и системы сил к данному центру. Метод Пуансо и основная теорема статики. Главный вектор и главный момент системы сил. Приведение системы сил к равнодействующей. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Частные случаи приведения системы сил. Равновесие различных систем сил и различные виды уравнений равновесия.

**5.2.** Равновесие системы тел. Статически определимые, статически неопределимые и изменяемые системы.

**5.3.** Приведение системы сил к динамическому винту. Зависимость между главными моментами системы сил относительно двух произвольно выбранных центров приведения. Инварианты системы сил.

**Тема 6. 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.

**Тема 7. 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.

**РАЗДЕЛ 2. КИНЕМАТИКА**

**Тема 1. Введение в кинематику**

Предмет кинематики. Пространство и время в классической механике. Относительность механического движения. Система отсчета. Задачи кинематики.

**Тема 2. Кинематика точки**

**2.1.** 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.

**2.2.** Скорость точки при векторном, координатном и естественном способах задания движения. Годограф вектора скорости.

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

**Тема 3. Кинематика твердого тела**

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

**3.2.** 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 касательного и нормального ускорений в виде векторных произведений.

**3.3.** Плоскопараллельное (плоское) движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости. Уравнения движения плоской фигуры. Разложение движения плоской фигуры на простейшие движения. 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. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорения полюса и ускорения этой точки при вращении фигуры вокруг полюса.

**3.4.** Движение твердого тела вокруг неподвижной точки или сферическое движение. Углы Эйлера. Уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Мгновенная ось вращения. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. Определение скоростей и ускорений точки тела. Кинематические уравнения Эйлера.

#### ***Тема 4. 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.

#### ***Тема 5. Составное движение твердого тела***

Сложение поступательных движений. Сложение вращений тела вокруг пересекающихся и параллельных осей. Кинематический расчет зубчатых передач методом Виллиса.

### **РАЗДЕЛ 3. ДИНАМИКА**

#### ***Тема 1. Введение в динамику. Динамика материальной точки***

**1.1.** Основные понятия и определения: масса, материальная точка, сила; постоянные и переменные силы. Законы классической механики или законы Галилея-Ньютона. Инерциальная система отсчета. Задачи динамики.

**1.2.** 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.

**1.3.** 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.

#### ***Тема 2. Введение в динамику механической системы***

**2.1.** 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.

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

**2.3.** 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.

### **Тема 3. Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы**

**3.1.** Дифференциальные уравнения движения механической системы. Теорема о движении центра масс системы. Следствия из теоремы о движении центра масс системы.

**3.2.** 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.

**3.3.** Момент импульса (момент количества движения) точки относительно центра и оси. Теорема об изменении момента импульса точки в случае центральной силы.

**3.4.** 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.

**3.5.** 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.

**3.6.** 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.

**3.7.** 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.

### **Тема 4. 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.

### **Тема 5. Динамика твердого тела**

**5.1.** 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.

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

### ***Тема 6. Элементы аналитической механики***

**6.1.** 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.

**6.2.** 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.

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

**6.4.** Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах или уравнения Лагранжа второго рода. Кинетический потенциал. Уравнения Лагранжа второго рода для консервативных систем. Циклические координаты. Циклические интегралы.

### ***Тема 7. Теория колебаний***

**7.1.** Колебания материальной точки. Частота, период, амплитуда и фаза гармонических колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.

**7.2.** 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 аperiодического движения; вынужденные колебания при гармонической возмущающей силе и сопротивлении, пропорциональном скорости, коэффициент динамичности, резонанс. Исследование фазы и амплитуды вынужденных колебаний.

### ***Тема 8. Теория удара***

**8.1.** 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. Косой удар тела о неподвижную поверхность. Коэффициент восстановления при ударе и его опытное определение. Прямой центральный удар двух тел. Потеря кинетической энергии при прямом центральном ударе двух тел.

### 3. Учебно-методическая карта учебной дисциплины

для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ		
<b>2 семестр</b>						
1	СТАТИКА	17		17	10	
1.1	Введение. Система сходящихся сил	4		4	2	[6]
1.2						
1.3	Момент силы относительно центра. Теория пар сил. Теорема о параллельном переносе силы. Приведение плоской произвольной системы сил к единому центру. Равновесие плоской системы сил. Равновесие системы тел	5		5	3	Защита РГР
1.4						
1.5	Момент силы относительно оси. Приведение пространственной произвольной системы сил к единому центру. Равновесие пространственной системы сил	5		5	3	[6] зачет
1.6	Центр системы параллельных сил. Центр тяжести.	1		1	1	[6]
1.7	Трение скольжения и качения.	2		2	1	
<b>3 семестр</b>						
2	КИНЕМАТИКА	30		30	56	
2.1	Введение.	1				
2.2	Кинематика точки	3		4	6	

2.3	Простейшие движения твёрдого тела	3		3	8	[6]
2.4	Составное движение точки	5		5	10	
2.5	Плоскопараллельное движение твёрдого тела	6		6	12	
2.6	Сферическое движение тела	6		6	10	Защита РГР
2.7	Составное движение твёрдого тела	6		6	10	[6]
3	<b>ДИНАМИКА</b>	<b>57</b>		<b>57</b>	<b>76</b>	
3.1	Динамика материальной точки	4		4	4	
3.2	Колебания материальной точки	6		6	4	[6]
3.3	Теорема о движении центра масс	2		2	4	Защита РГР
3.4	Теоремы о количестве движения точки и механической системы	1		1	4	
3.5	Теоремы о моменте количества движения точки и о кинетическом моменте механической системы	2		4	6	
3.6	Моменты инерции твёрдого тела	6		4	4	[6]
<b>4 семестр</b>						
3.7	Теоремы о кинетической энергии точки и механической системы	6		5	6	экзамен
3.8	Принцип Даламбера	2		2	4	
3.9	Динамика относительного движения	2		4	4	
3.10	Динамика твёрдого тела	4		4	4	[6]

3.11	Принцип возможных перемещений	4		4	8	
3.12	Общее уравнение динамики	2		4	4	
3.13	Уравнение Лагранжа	4		5	6	
3.14	Потенциальное силовое поле	2		2	4	
3.15	Устойчивость равновесия и малые колебания механической системы	4		6	6	[6]
3.16	Теория удара	6			4	зачет

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Перечень литературы

#### Основная

1. Хвесько Г.М. ЭУМК по учебной дисциплине «Теоретическая механика» для специальностей : 1-36 07 01 –Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов, 1-36 01 08 – Конструирование и производство изделий из композиционных материалов, 1-36 07 02-Производство изделий на основе трехмерных технологий / Г.М. Хвесько – Мн.: БГТУ, Регистрационное свидетельство №1141814281 от 02.02.2018 г.

#### Дополнительная

1. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг – М.: Высшая школа, 1998.
2. Гернет, М.М. Курс теоретической механики / М.М. Гернет – М.: Высшая школа, 1987.
3. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики: в 2 т. / А.А. Яблонский, В.А. Никифорова – М.: Высшая школа, 1998.
4. Хвесько, Г.М. Курс тэарэтычнай механікі / Г.М. Хвесько – Мн.: БДТУ, 2000.
5. Мещерский, И.В. Задачи по теоретической механике / И.В. Мещерский – СПб.: Лань, 1998.
6. Хвесько, Г.М. Тэарэтычная механіка. Практыкум. Частка 1 / Г.М. Хвесько – Мн.: БДТУ, 2004.
7. Хвесько, Г.М. Тэарэтычная механіка. Практыкум. Частка 2 / Г.М. Хвесько – Мн.: БДТУ, 2005.
8. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / А.А. Яблонский [и др.]; под общ. ред. А.А. Яблонского – М.: Играл-пресс, 2002.
9. Вихренко, В.С. Кинематика составного и плоскопараллельного движений: учеб. Пособие / В.С. Вихренко, Я.Г. Грода – Мн.: БГТУ, 2005.

### 4.2 Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

1. опрос студентов на практических занятиях;
2. контрольные работы;
3. защита расчетно-графических работ;
4. зачеты и экзамен.

В каждом семестре проводятся две аттестации по результатам опроса студентов на практических занятиях, выполнения контрольных работ, защиты РГР. Первая аттестация учитывается в итоговой аттестации за семестр с весовым коэффициентом 0,2, вторая с коэффициентом 0,3.

#### 4.3 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине.

Самостоятельная работа обучающихся организуется в форме выполнения расчетно-графических работ (РГР).

№ п/п	Контрольное мероприятие	Неделя выдачи	Неделя сдачи
2-й семестр			
1	Расчетно-графическая работа №1	1	15
3-й семестр			
2	Расчетно-графическая работа №2	1	8
3	Расчетно-графическая работа №3	1	15
4-й семестр			
4	Расчетно-графическая работа №4	1	8
5	Расчетно-графическая работа №5	1	15

РГР выполняются по практикумам [6], [7]. Вариант задания выбирается по указанию преподавателя. Каждая из расчетно-графических работ оформляется в отдельной тетради и сдается на проверку преподавателю, ведущему практические занятия. После проверки правильности ее решения проводится защита расчетно-графической работы. Процесс выполнения задач расчетно-графической работы контролируется при проведении консультаций в течении семестра.

### 5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Кафедра, которая обеспечивает изучение этой дисциплины	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Механика материалов и конструкций	Механики и конструирования	<i>Без замечаний</i>	
Детали машин и основы конструирования	Материаловедения и проектирования технических систем	<i>Замечаний нет</i>	

И.о. зав. кафедрой механики и конструирования

к. т. н. доцент



Е.И.Кордикова