

Контрольный экземпляр

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

 С.А. Касперович

«29» 07 2015 г.

Регистрационный № УД- 262 /уч.

## **ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

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

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

2015 г



Учебная программа составлена на основе типовой учебной программы «Теория механизмов и машин», утвержденной Министерством образования РБ 23.12.2009 г. для высших учебных заведений по специальностям 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»; регистрационный № ТД-1.288/тип.

**Составитель:**

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

**Рецензенты:**

**П.П. Анципорович** – заведующий кафедрой теории механизмов и машин Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, профессор;

**С.П. Мохов** – заведующий кафедрой лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета, кандидат технических наук, доцент.

**Рекомендована к утверждению:**

Кафедрой теоретической механики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от 29.12.2014 г.)

Методической комиссией факультета химической технологии и техники УО БГТУ (протокол № 6 от 12.02.2015 г.)

# 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1. Цель и задачи преподавания и изучения учебной дисциплины

**Целью курса** является ознакомление студентов с наиболее фундаментальными принципами, лежащими в основе описания движения механизмов и машин, с математическим моделированием механических явлений, общими аналитическими и графическими методами определения характеристик механического движения и, как результат, подготовить студентов к последующему изучению дисциплин специализации, к выполнению учебной и научно-исследовательской работы.

**Задачи курса:** – выяснение сущности научного подхода к описанию движения механических систем 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 проектирования кинематических схем механизмов и машин.

## 1.2. Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины

Образовательными стандартами специальностей предусматривается, что в результате изучения учебной дисциплины студент должен:

### **знать:**

- основные виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;
- принципы работы отдельных механизмов;
- общие методы кинематического анализа и синтеза механизмов;
- общие методы динамического анализа механизмов;
- основы проектирования типовых механизмов;

### **уметь:**

- составлять расчетные схемы типовых элементов машин и механизмов;
- находить кинематические параметры механизмов графическими и аналитическими методами;
- решать задачи синтеза механизмов по заданным кинематическим и динамическим свойствам;
- решать задачи динамического исследования движения машин;

### **владеть:**

- терминологией основных разделов курса;
- методами определения характеристик и решения уравнений движения про-  
сью динамических моделей механизма;

- методами силового анализа рычажных, зубчатых и кулачковых механизмов;
- методикой нахождения кинематических параметров и определения передаточных функций рычажных, зубчатых и кулачковых механизмов;
- навыками построения и анализа кинематических схем машин и механизмов.

### 1.3. Формируемые компетенции

Образовательным стандартом высшего образования предусматривается, что у студента, освоившего курс теории механизмов и машин должны быть сформированы следующие компетенции:

#### а) академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

#### б) профессиональные компетенции:

ПК-2. Анализировать и объективно оценивать достижения науки и техники в области процессов, машин и аппаратов, перспективы и направления развития.

ПК-8. Формулировать технические требования и составлять технические задания на разработку новых образцов техники для химических производств и предприятий стройматериалов.

ПК-9. Разрабатывать проектно-конструкторскую документацию на новое оборудование и на проекты реконструкции, ремонтную, эксплуатационную и монтажную документацию.

ПК-11. Оценивать предлагаемые технических решения по конструкции изделий путем изготовления и испытаний моделей и макетов.

ПК-12. Оценивать технический уровень и экономическую эффективность принимаемых технических решений.

ПК-14. Оценивать конкурентоспособность, экономическую эффективность разработки и постановки на производство новых изделий и освоения новых технологий и оборудования.

ПК-15. Проводить опытно-технологические работы при освоении новых технологий, оборудования, опытно-промышленную проверку новых машин и аппаратов и средств технологического оснащения, изготовление и испытания новых машин и аппаратов, оформлять документацию о результатах опытно-промышленных работ и испытаний опытных образцов технологических машин и аппаратов.

**1.4 Перечисление дисциплин, освоение которых необходимо для изучения теории механизмов и машин ;**

№№ пп	Название дисциплины	Раздел (тема)
1.	Высшая математика	1. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии. 2. Векторная алгебра. 3. Основы дифференциального исчисления. 4. Интегральное исчисление. 5. Дифференциальные уравнения.
2	Теоретическая механика	1. Статика. 2. Кинематика 3. Динамика.

**1.5. Структура содержания учебной дисциплины**

Типовые учебные планы предусматривают для изучения теории механизмов и машин всего 210 учебных часов, из них 104 часа аудиторных занятий на протяжении двух семестров. Распределение часов по видам занятий следующее: лекций – 70 часов, практических – 18 часов, лабораторных – 16 часов. На самостоятельную работу отводится 100 часов.

Форма получения образования – дневная.

**Выписка из учебного плана дисциплины**

Специальность	Зачет	Экзаме ны	Распределение ча- сов по видам заня- тий				Распределение часов по семестрам в неделю				Всего часов	
			Всего	Лекций	Лаб. зан.	Практ. зан.	Семестр	Всего	Лекции	Лаб. зан.		Практ. зан.
1-36 05 01	IV	V	104	0	16	18	IV	36	18		18	210
							V	68	52	16		

## Тематический план курса «Теории механизмов и машин»

№ те- мы	Название тем	Количество часов		
		лек- ции	Лабо- ра- тор- ные заня- тия	практиче- ские заня- тия
	Введение	1		
	Раздел 1. Общие сведения по теории техно- логических машин и механизмов	6	2	2
1.1	Рабочие процессы и машины	1		
1.2	Основы строения механизмов	5	2	2
	Раздел 2. Общие методы определения кине- матических и динамических характеристик механизмов и машин. Математическое моде- лирование движения звеньев машин	23	10	8
2.1	Моделирование геометрических и кинемати- ческих связей в механизмах	2		2
2.2	Математическое моделирование и исследо- вание движения машин и механизмов с же- сткими звеньями	8	2	2
2.3	Силовой анализ, трение и изнашивание в ме- ханизмах	9	4	4
2.4	Уравновешивание масс механизмов	4	4	
	Раздел 3. Проектирование схем основных видов механизмов	22	4	8
3.1	Синтез рычажных механизмов	6		2
3.2	Синтез зубчатых механизмов	8	2	4
3.3	Синтез кулачковых механизмов	8	2	2
	Количество часов	52	16	18

## 2.Содержание курса “Теория механизмов и машин”

### СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

#### Введение

Теория механизмов и машин – научная основа создания новых механизмов и машин, автоматизации и механизации производственных процессов. Содержание дисциплины и ее значение для инженерного образования. История развития науки о механизмах и машинах. Связь теории механизмов и машин с другими областями знаний.

Основные этапы проектирования машин. Учет многих критериев и факторов при создании новых машин (производительность, быстродействие, энергопотребление, материалоемкость, точность, надежность и т.п.). Многовариантность решения и применение ЭВМ при оптимизационном проектировании машин и механизмов. Ключевая роль ЭВМ в создании и управлении машин-автоматов. Перспективы развития теории механизмов и машин.

### **РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

#### *Тема 1.1 Рабочие процессы и машины*

Технологические, транспортные, энергетические, информационные рабочие процессы. Машины как системы, осуществляющие механические движения для выполнения механической работы, связанной с реализацией рабочего процесса. Структура машин и машин-автоматов.

#### *Тема 1.2 Основы строения механизмов*

Основные понятия: механизм, звено, кинематическая пара. Основные виды механизмов, используемых в машиностроении. Классификация кинематических пар. Кинематические цепи. Обобщенные координаты и число степеней свободы механизма. Структурные и параметрические степени свободы. Структурный синтез и анализ механизмов. Избыточные связи и местные подвижности в механизмах.

## **РАЗДЕЛ 2. ОБЩИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМОВ И МАШИН. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ МАШИН**

### ***Тема 2.1 Моделирование геометрических и кинематических связей в механизмах***

Кинематические передаточные функции и их производные (аналоги скоростей и ускорений). Определение кинематических характеристик плоских рычажных механизмов аналитическим методом (метод замкнутых векторных контуров). Кинематический анализ плоских рычажных механизмов графическим методом (построение планов положений, скоростей и ускорений). Особенности кинематики рычажных механизмов с заданным относительным движением звеньев. Определение передаточных отношений фрикционных и зубчатых механизмов с неподвижными осями вращения. Кинематический анализ зубчатых механизмов с подвижными осями вращения (дифференциальных, планетарных, замкнутых дифференциальных). Кинематика волновой зубчатой передачи. Кинематика мальтийского механизма. Кинематические характеристики винтового механизма. Использование численных методов и применение ЭВМ для расчетов кинематических характеристик механизмов.

### ***Тема 2.2 Математическое моделирование и исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями***

Силы, действующие в машинах, приборах и других устройствах, и их характеристики. Динамическая и математическая модели машины с одной степенью свободы. Приведение сил и масс. Уравнение движения модели в энергетической и дифференциальной формах. Определение динамических характеристик модели. Режимы движения машин. Определение закона движения звена привода при установившемся и неустойчивом режиме для различных случаев задания внешних сил. Быстродействие механизмов машин и приборов при неустойчивом режиме работы. Использование численных методов и ЭВМ для решения уравнения движения. Задача ограничения периодических колебаний скорости звена привода при установившемся движении. Определение постоянной составляющей приведенного момента инерции машин по заданному коэффициенту неравномерности движения.

### ***Тема 2.3 Силовой анализ, трение и изнашивание в механизмах***

Действие сил в кинематических парах. Метод кинетостатики. Силы инерции звеньев. Условие статической определимости кинематических цепей. Силовой анализ плоских рычажных механизмов аналитическим и графическим методами. Силовой анализ зубчатых и планетарных передач. Силовой анализ кулачковых механизмов. Трение скольжения в поступательной и вращательной кинематических парах. Трение качения в высших кинематических парах. Трение в подшип-

никах и роликовых направляющих качения. Приведенные коэффициенты трения. Силовой анализ рычажных и кулачковых механизмов с учетом трения.

Влияние износа элементов кинематических пар на работоспособность и надежность машин и механизмов.

### ***Тема 2. Уравновешивание масс механизмов***

Статическое и динамическое уравновешивание вращающихся звеньев. Различные виды неуравновешенности роторов и ее устранение. Статическая и динамическая балансировки. Определение главного вектора и главного момента сил инерции механизма. Статическое уравновешивание масс плоских рычажных механизмов.

## **РАЗДЕЛ 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМ ОСНОВНЫХ ВИДОВ МЕХАНИЗМОВ**

### ***Тема 3.1 Синтез рычажных механизмов***

Входные и выходные параметры и этапы синтеза механизмов. Целевые функции, ограничения и дополнительные условия синтеза. Применение методов оптимизации и ЭВМ при синтезе механизмов. Многовариантность решения. Условие существования кривошипа. Синтез по заданным положениям входного и выходного звеньев. Синтез по коэффициенту изменения средней скорости выходного звена. Синтез по заданной непрерывной функции положения и по требуемой траектории заданной точки механизма. Синтез по заданному ходу и максимальным углам давления.

### ***Тема 3.2 Синтез зубчатых механизмов***

Виды зубчатых механизмов и области их применения. Относительное движение звеньев, находящихся в зацеплении. Основная теорема зацепления. Геометрические параметры зубчатых колес. Основные свойства и характеристики эвольвентного зацепления. Качественные показатели зацепления: коэффициент перекрытия, удельные скольжения зубьев, приведенный радиус кривизны профилей в полюсе зацепления. Исходный производящий контур цилиндрических эвольвентных колес. Колеса без смещения и со смещением исходного контура. Стадачи. Особенночное зацепление нарезаемого колеса с реечным инструментом. Подрезание зубьев и условия его отсутствия. Определение основных геометрических параметров цилиндрической эвольвентной перестрижки внутреннего зацепления цилиндрических эвольвентных колес. Геометрический синтез планетарных передач по условиям соосности, соседства и сборки сателлитов.

### ***Тема 3.3. Синтез кулачковых механизмов***

Виды и назначение кулачковых механизмов. Этапы синтеза механизмов. Основные параметры кулачковых механизмов. Законы движения выходного звена. Угол давления и его влияние на передачу сил, на размеры и надежность ме-

ханизмов. Определение основных размеров плоских кулачковых механизмов из условия ограничения угла давления или из условия выпуклости профиля кулачка. Определение координат профиля кулачка по заданному закону движения толкателя. Выбор радиуса ролика. Качественные критерии кулачковых механизмов.

### Учебно-методическая карта

		Лекции	Практ. занят	Лаб. работа	Са- мост. работа	Упр. самост. работа студ.	Материальн. обеспечение занятия	Литература	Форма кон- троля зна- ний
1	2	3	4		5	6	7	8	9
1	Общие сведения по теории технологических машин и механизмов	8	2	2	12	2	УМК		
1.1	Рабочие процессы и машины	2						[1,2 ]	
1.2	Основы строения механизмов	6	2	2	12	2		[1,2 ,6]	Защита РГР
2	Общие методы определения кинематических и динамических характеристик механизмов и машин. Математическое моделирование движения звеньев машин	34	8	10	43	7	УМК		
2.1	Моделирование геометрических и кинематических связей в механизмах	8	2		12	2		[1,2 ,6]	

2.2	Математическое моделирование и исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями	10	2	2	12	2		[1,2,3,4,6]	
2.3	Силовой анализ, трение и изнашивание в механизмах	12	4	4	13	3		[1,3,4,6]	Защита РГР
2.4	Уравновешивание масс механизмов	4		4	6			[1,4,6]	
3	Проектирование схем основных видов механизмов	28	8	4	36	6	УМК		
3.1	Синтез рычажных механизмов	8	2		12	2		[1,4,6]	
3.2	Синтез зубчатых механизмов	10	4	2	12	2		[1,4,6]	Защита РГР
3.3	Синтез кулачковых механизмов	10	2	2	12	2		[1,4,6]	
	Количество часов	70	18	16	91	15			

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Рекомендуемая литература

#### Основная

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1988. – 640 с. – 119 экз.
2. Теория механизмов и машин / Под общ. Ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с. – 184 экз.
3. Теория механизмов и машин. Сборник заданий к курсовому проекту для студентов заочной формы обучения/ С.А.Борисевич, Д.В. Гапанюк, А.Н. Камлюк, Р.Н.Ласовский. – Минск: УО «Белорусский государственный технологический университет», 2010. – 72 с. – 140 экз.
4. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / Под общей ред. Г.Н. Девойно. – Минск: Высшая школа, 1986. – 285 с. – 182 экз.
5. Попов, С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / С.А. Попов, Г.А. Тимофеев. – М.: Высшая школа, 2004. – 351 с. – 35 экз.
6. Теория механизмов и машин.. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов инженерно-технических специальностей очной и заочной форм обучения/ С.А.Борисевич, Д.В.Гапанюк, Р.Н.Ласовский. – - Минск: УО «Белорусский государственный технологический университет», 2013. – 76 с. – 135 экз.
7. Бадеев В.П. Теория механизмов и машин. Сборник заданий к расчетным работам по одноименному курсу/ В.П.Бадеев, Д.В.Гапанюк, А.Н.Камлюк. – Минск: УО «Белорусский государственный технологический университет», 2005. – 132с. – 327 экз.

#### Дополнительная литература

1. Левитская О.Н. Курс теории механизмов и машин/ О.Н.Левитская, Н.И.Левитский. – М.: Высшая школа, 1985. – 279 с.
1. Юдин, В.А. Теория механизмов и машин / В.А. Юдин, Л.В. Петрокас. – М.: Высшая школа, 1967. – 528 с.
2. Марголин Ш.Ф. Теория механизмов и машин / Ш.Ф. Марголин. – М.: Высшая школа, 1968. – 357 с.

## 4.2 Перечни заданий и контрольных мероприятий самостоятельной работы студентов

№ н/п	Контрольное мероприятие	Неделя проведения/выдачи	Неделя сдачи
4-й семестр			
1	Расчетно-графическая работа №1»	2	10
2	Задание 1-1		5
3	Задание 1-2		7
4	Задание 2-2		9
5	Расчетно-графическая работа №2»	8	15
6	Задание 3-1		12
7	Задание 4-1		14

## 4.3 Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- 4.3.1 Проверка расчетно-графических работ.
- 4.3.2 Индивидуальные беседы со студентами по темам пропущенных занятий.
- 4.3.3 Индивидуальный опрос студентов по темам практических занятий.

## 4.4 Перечень практических занятий

- 1. Кинематические пары.
- 2. Структурный анализ механизмов.
- 3. Кинематический анализ механизмов (скорости).
- 4. Кинематический анализ механизмов (ускорения).
- 5. Синтез плоских рычажных механизмов.
- 6. Кинематическое исследование зубчатых механизмов.
- 7. Математическое моделирование движения плоского механизма.
- 8. Исследование движения звена приведения машинного агрегата.
- 9. Защита РГР.

## 4.4 Перечень лабораторных работ

- 1. Структурный анализ плоских механизмов.
- 2. Изготовление зубчатых колес методом огибания инструментальной рейкой.
- 3. Определение момента инерции твердого тела методом физического маятника
- 4. Определение коэффициента полезного действия винтового механизма.
- 5. Исследование кулачкового механизма.
- 6. Уравновешивание вращающегося звена с известным расположением неуравновешенных масс.
- 7. Определение коэффициента трения скольжения и покоя.

#### 4.5 Примерная тематика курсовой работы

Курсовая работа включает 2 листа чертежей формата А1 и пояснительную записку с необходимыми пояснениями, алгоритмами, расчетами и выводами.

Задание на курсовую работу является комплексным, предусматривающим проектирование и исследование основных видов механизмов, объединенных в систему машины, прибора или устройства. Оно должно учитывать специальность, по которой обучается студент. Задания на курсовую работу устанавливаются кафедрой.

В курсовой работе предусматривается разработка следующих вопросов:

- 1) проектирование кинематических схем механизмов (рычажных, зубчатых) по заданным кинематическим и динамическим условиям;
- 2) динамический синтез машины и определение закона движения звена привода;
- 3) ограничение периодических колебаний скорости при установившемся режиме движения;
- 4) кинематический анализ спроектированных механизмов;
- 5) согласование во времени движений основного и вспомогательного механизмов.

Расчеты при выполнении курсовой работы проводятся с использованием ЭВМ.

На выполнение курсовой работы согласно учебному плану студенту отводится 30 часов.

## 5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Кафедра, которая обеспечивает изучение этой дисциплины	Предложения кафедры о внесении изменений в содержании учебной программы	Принятое решение кафедры. Дата, № протокола
	Лесных машин и технологии лесозаготовок	<i>Заместитель каф. С.В.Мохов</i>	<i>Пр. №5 от 16.01.2015</i>
	Деревообрабатывающих станков и инструментов	<i>Заместитель каф. А.А.Гришкевич</i>	<i>30.01.2015 пр. №</i>

Зав. кафедрой лесных машин и технологии лесозаготовок  
доцент



Мохов С.П.

Зав. кафедрой деревообрабатывающих станков и инструментов  
доцент



Гришкевич А.А.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»  
на 2018/2019 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1	Дополнить информационно-методическую часть: форма контроля знаний при проведении межсессионной аттестации – контрольная работа, защита расчетно-графических работ. Весовые коэффициенты: $K_{\text{межс1}} = 0,2$ ; $K_{\text{межс2}} = 0,3$ ; $K_{\text{тек}} = 0,5$	Положение о межсессионной аттестации студентов БГТУ, утвержденное 16.03.2018г. №121

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры (протокол № 12 от 21.06.2018 г.)

Заведующий кафедрой МиК



А. В. Спиглазов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета ТТЛП



В. Н. Лой