

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д.Асенчик

\_\_\_\_\_ 28.06.2019 \_\_\_\_\_

Регистрационный № - 26 - 24 /уч.

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине  
**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИН И МАНИПУЛЯТОРОВ**  
для специальности:  
1 - 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»

по учебной дисциплине  
**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**  
для специальности:  
1 - 36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники»

2019 г.

Учебная программа составлена на основе: образовательных стандартов высшего образования первой ступени: ОСВО 1-36 01 05 – 2019, ОСВО 1-36 12 01 – 2019, учебных планов специальности 1 - 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением», учебных планов специальности 1 - 36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники», регистрационные номера I 36-1-03/уч. от 06.02.2019; I 36-1-14/уч. от 06.02.2019; I 36-1-05/уч. от 06.02.2019; I 36-1-16/уч. от 06.02.2019; I 36-1-51/уч. от 05.04.2019;

**СОСТАВИТЕЛЬ:** Д.Г. Кроль, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Механика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»; М.И. Лискович, старший преподаватель кафедры «Механика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

А.О. Шимановский, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая физика и теоретическая механика» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта».

Ю.Л. Бобарикин, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Механика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 7 от 11.04.2019);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 13.05.2019) УД-М-308/уч;

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 6 от 21.05.2019) УД-005-21/уч;

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 5 от 06.06.2019) УДз-037-23у;

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 6 от 26.06.2019).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Теория механизмов и машин» входит в состав цикла дисциплин учебного плана, обеспечивающих подготовку специалистов инженерно-технических специальностей по основам проектирования машин.

Цели и задачи дисциплины.

Обеспечение подготовки студентов по основам проектирования машин, включающим следующие знания: основы строения механизмов; моделирование геометрических и кинематических связей в механизмах; математическое моделирование движения машин и механизмов с жесткими связями; использование численных методов для решения уравнений движения; силовой анализ; трение и изнашивание; уравнивание масс; оценка энергопотребления и динамической нагруженности машин и механизмов; исследование движения машин и механизмов с упругими звеньями; вибрации, виброгашение; синтез механизмов: рычажных, кулачковых, зубчатых, прерывистого движения; проектирование машин-автоматов.

Связь с другими учебными дисциплинами.

Содержание дисциплины «Теория механизмов и машин» увязано с содержанием дисциплин циклов естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин, таких как: «Физика», «Математика», «Теоретическая механика».

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:  
знать:

- основные теоретические положения строения, кинематики, динамики и управления машинами, механизмами и манипуляторами;
- измерительную аппаратуру для определения кинематических и динамических параметров механизмов и машин;
- принципы проектирования основных видов механизмов;

уметь:

- составлять расчетные схемы (модели) машин и механизмов;
- выполнять кинематические и динамические расчеты;
- синтезировать механизмы с заданными кинематическими, силовыми и динамическими параметрами;

владеть:

- навыками структурного, кинематического и динамического анализа механизмов и машин с позиции их рациональности, правильности примененных при этом методов;
- способностью применять полученные при изучении теории механизмов и машин общие закономерности синтеза и анализа механизмов и машин непосредственно при изучении и проектировании специальных машин и механизмов;
- готовностью к развитию известных алгоритмов синтеза и анализа технических устройств.

Специалист, обучающийся на специальности 1 - 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением», должен обладать следующими компетенциями:

СК-5. Знать основные виды машин и механизмов и их кинематические и динамические характеристики; понимать принципы работы отдельных механизмов и их взаимодействие в машине; уметь находить кинематические и динамические параметры заданных механизмов и машин и оптимальные параметры проектируемых механизмов по заданным кинематическим и динамическим свойствам.

Специалист, обучающийся на специальности 1 - 36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники», должен обладать следующими компетенциями:

СК-3. Быть способным применять вычислительные методы механики и современного программного обеспечения к решению современных инженерных задач проектирования, расчета и исследования машин и конструкций.

	Очная форма			Заочная форма, с сокращенным сроком обучения
	1-36 12 01, набор 2018 г.	1-36 12 01, набор с 2019 г.	1-36 01 05, набор с 2018 г.	
Курс	2	2	2	1, 2
Семестр	3	3	3	2, 3
Лекции (часов)	34	34	34	8
Практические занятия (часов)	34	34	17	6
Всего аудиторных часов	68	68	51	14
Общее количество часов	124	136	110	136
Трудоемкость	3 з.е.	4 з.е.	3 з.е.	4 з.е.
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине				
Экзамен	3 семестр	3 семестр		3 семестр
Зачет			3 семестр	
Курсовой проект	3 семестр (60 часов, 2 з.е)	3 семестр (60 часов, 2 з.е)		3 семестр (60 часов, 2 з.е)

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. Механика машин

#### 1.1. Основы построения машин и механизмов.

Основные понятия: машина, механизм, кинематическая цепь, звено, кинематическая пара. Механизм как кинематическая основа технологических, энергетических, транспортных, информационных и других машин. Классификация кинематических пар. Число степеней свободы механизма. Обобщенные координаты и начальные звенья механизма. Избыточные локальные и структурные связи. Проектирование механизмов с оптимальной структурой путем устранения избыточных связей. Структурный анализ и синтез механизмов наложением структурных групп по Ассуру. Структурные схемы манипуляторов.

#### 1.2. Кинематические характеристики механизмов.

Основные виды механизмов, используемых в современном машиностроении. Входные и выходные звенья механизма. Кинематические передаточные функции и отношения (аналоги скоростей и ускорений). Графические, численные и аналитические методы вычисления кинематических передаточных функций. Метод центроид для определения кинематических характеристик механизмов с высшими парами. Метод векторных цепей, в том числе метод базисного вектора. Метод преобразования координат с использованием матриц перехода. Метод векторных уравнений и их графическое решение в форме планов положений, скоростей и ускорений. Особенность анализа кинематики пространственных механизмов, манипуляторов. Использование системы линейных уравнений и численных методов для расчетов кинематических передаточных функций на ЭВМ. Примеры определения кинематических характеристик основных видов механизмов: кривошипно-ползунных (плоских и пространственных), четырехшарнирных, кулисных, кулачковых, зубчатых и планетарных.

#### 1.3. Исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями.

Силы, действующие в машинах, приборах и других устройствах и их характеристики. Динамическая модель механизма. Приведение сил и масс. Уравнение движения механизма и звена динамической модели в форме энергии и форме моментов (энергетической и дифференциальной формах). Режимы движения механизма. Аналитические и численные методы решения уравнения движения механизма. Качественное исследование уравнения движения механизма. Быстродействие механизмов машин и приборов при неустановившемся (переходном) режиме движения. Неравномерность движения машинного агрегата при установившемся режиме и назначение маховика. Динамический анализ механизма машинного агрегата при установившемся режиме и определение необходимого момента инерции маховых масс. Особенности динамического анализа механизмов с несколькими степенями свободы.

#### 1.4. Силовой расчет механизмов, уравновешивание роторов и механизмов.

Задачи силового анализа механизмов. Условия статической определенности механизма и его структурных групп. Аналитические методы силового расчета (си-

стема линейных уравнений для проекций сил) с использованием ЭВМ. Графические методы силового расчета механизмов (метод планов сил). Силовое нагружение стойки механизма и основания (корпуса) машины. Уравновешивание сил инерции звеньев механизма. Статическая, моментная и динамическая неуравновешенности роторов. Статическое и динамическое уравновешивание механизмов и роторов на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации машины.

#### 1.5. Трение и изнашивание в машинах и механизмах.

Взаимодействие элементов кинематических пар при относительном движении. Природа сил трения. Макроскопические и микроскопические уровни анализа причин возникновения трения и износа. Внутреннее и внешнее трение. Трение скольжения, качения. Жидкостное трение. Учет трения в кинематических парах при силовом расчете механизмов. Угол трения и круг трения в кинематических парах. Самоторможение в механизмах. Силовой расчет механизмов с учетом сил трения. КПД механизма и системы механизмов при их параллельном, последовательном и смешанном соединении. КПД основных видов механизмов. Влияние износа элементов кинематических пар на работоспособность и надежность машин и механизмов. Критерии оценки износа.

#### 1.6. Динамика машин и механизмов с учетом упругости звеньев.

Приведение жесткостей упругих звеньев механизма. Приведенный коэффициент сопротивления. Система дифференциальных уравнений движения машинного агрегата и его динамическая модель. Решение дифференциальных уравнений методом последовательных приближений с применением ЭВМ. Исследование влияния упругости звеньев на закон движения входного вала рабочей машины и на нагруженность передаточного механизма.

#### 1.7. Виброактивность и виброзащита машин.

Источники колебаний и объекты виброзащиты. Колебательные процессы в переходных и установившихся режимах для машин с постоянными параметрами. Методы снижения виброактивности машин. Виброизоляция машин. Линейные виброизоляторы. Динамические виброгасители. Ударные гасители колебаний. Поглотители колебаний с вязким и сухим трением. Виброзащита и надежность машин. Машины и механизмы для полезного применения вибраций. Особенности виброзащиты человека-оператора.

### Раздел 2. Проектирование механизмов.

#### 2.1. Синтез рычажных и манипуляционных механизмов.

Классификация механизмов по функциональным и структурным признакам. Входные и выходные параметры при синтезе механизмов и ограничения. Применение ЭВМ при синтезе механизмов. Постановка и классификация задач синтеза плоских рычажных механизмов. Синтез шарнирных и рычажных механизмов по заданному движению входных и выходных звеньев на основе геометрических связей между звеньями с учетом сборки и допускаемых углов давления. Условия существования кривошипа. Обязательные и желательные условия синтеза. Построение целевой функции. Выбор метода оптимизации. Вычислитель-

ные алгоритмы и программы синтеза рычажных механизмов на ЭВМ. Структурный синтез манипуляторов и определение размеров их звеньев.

#### 2.2. Метод синтеза механизмов с высшими парами.

Основная теорема зацепления плоских профилей. Скорость скольжения сопряженных профилей. Угол давления при передаче движения высшей парой. Основное уравнение зацепления профилей в дифференциальной форме. Производящие поверхности и основные параметры станочного зацепления с исходным производящим контуром. Графические методы профилирования. Вычислительные алгоритмы и программы для ЭВМ. Критерии качества передачи движения механизмами с высшими парами.

#### 2.3. Синтез зубчатых механизмов.

Виды зубчатых механизмов и области их применения. Основные геометрические размеры и качественные показатели цилиндрических передач. Применение ЭВМ при проектировании цилиндрических передач с эвольвентным профилем. Конические зубчатые передачи, области применения и их геометрический расчет. Передачи Новикова, области их применения и расчет геометрических параметров. Винтовые, червячные и гипоидные зубчатые передачи.

#### 2.4. Синтез многозвенных, планетарных и волновых зубчатых передач.

Планетарные зубчатые механизмы. Выбор схем планетарных зубчатых механизмов и расчет чисел зубьев колес. Бесступенчатые передачи с замкнутым дифференциалом и коробки скоростей. Волновые зубчатые передачи и их геометрический расчет.

#### 2.5. Синтез кулачковых механизмов.

Виды и назначения кулачковых механизмов. Закон движения выходного звена и его выбор при проектировании механизма. Критерии работоспособности механизма и расчет его основных размеров. Силовое замыкание высшей пары при ускоренном движении толкателя. Определение основных размеров механизма по допустимому углу давления. Определение профиля кулачка по заданному закону движения выходного звена. Выбор размера ролика. Особенности синтеза кулачковых механизмов с плоским толкателем. Учет упругости звеньев при проектировании быстроходных механизмов. Программные подсистемы расчета механизмов на ЭВМ.

#### 2.6. Синтез механизмов с переменной структурой .

Механизмы прерывистого действия. Проектирование мальтийских, храповых механизмов и других механизмов с остановами заданной продолжительности. Самонастраивающиеся, самоуправляемые и самозатягивающиеся механизмы.

## Курсовой проект

На выполнение курсового проекта отводится 60 часов.

Трудоёмкость курсового проекта, выраженная в зачетных единицах – 2,0.

Курсовой проект по теории машин и механизмов по объему включает 3 листа чертежей формата А1 и расчетно-пояснительную записку (с приложением результатов расчетов на ЭВМ).

Задание на курсовой проект является комплексным, предусматривающим проектирование и исследование основных видов механизмов, объединенных в систему какой-либо машины, агрегата.

В качестве примеров можно указать следующие типы механизмов:

1. Механизмы кривошипно-рычажных летучих ножниц.
2. Механизм с приближенно-равномерным перемещением ведомого звена.
3. Механизмы поперечно-строгального станка.
4. Механизмы долбежного станка.
5. Механизм подачи станка-автомата.
6. Проектирование и исследование механизмов ДВС компрессорной установки.
7. Механизм пилонасекательной машины.
8. Механизмы привода качающегося конвейера.
9. Планетарный механизм.
10. Открытая зубчатая передача.
11. Кулачковый механизм.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Специальность 1-36 12 01, очная форма получения образования)

1	2	3	4	4	5	5	5	7
Номер раздела, темы	Наименование темы	Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов УСП	Форма контроля знаний
1	Теория механизмов и машин	34	34					
1	Механика машин							
1.1	Основы построения машин и механизмов.	4	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.2	Кинематические характеристики механизмов.	5	8	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.3	Исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями.	4	8	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.4	Силовой расчет механизмов, уравнивание роторов и механизмов.	4	6	-	-	-	-	Устный опрос
1.5	Трение и изнашивание в машинах и механизмах.	2	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.6	Динамика машин и механизмов с учетом упругости звеньев.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.7	Виброактивность и виброзащита машин.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2	Проектирование механизмов							
2.1	Синтез рычажных и манипуляционных механизмов.	1	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.2	Метод синтеза механизмов с высшими парами.	1	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.3	Синтез зубчатых механизмов.	4	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.4	Синтез многозвенных, планетарных и волновых зубчатых передач.	2	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.5	Синтез кулачковых механизмов.	4	2	-	-	-	-	Устный опрос
2.6	Синтез механизмов с переменной структурой.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Специальность 1-36 01 05, очная форма получения образования)

1	2	3	4	4	5	5	5	7
Номер раздела, темы	Наименование темы	Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов УСП	Форма контроля знаний
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Теория механизмов и машин	34	17					
1	Механика машин							
1.1	Основы построения машин и механизмов.	4	1	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.2	Кинематические характеристики механизмов.	5	5	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.3	Исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями.	4	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.4	Силовой расчет механизмов, уравнивание роторов и механизмов.	4	3	-	-	-	-	Устный опрос
1.5	Трение и изнашивание в машинах и механизмах.	2	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.6	Динамика машин и механизмов с учетом упругости звеньев.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.7	Виброактивность и виброзащита машин.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2	Проектирование механизмов							
2.1	Синтез рычажных и манипуляционных механизмов.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.2	Метод синтеза механизмов с высшими парами.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.3	Синтез зубчатых механизмов.	4	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.4	Синтез многозвенных, планетарных и волновых зубчатых передач.	2	2	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.5	Синтез кулачковых механизмов.	4	2	-	-	-	-	Устный опрос
2.6	Синтез механизмов с переменной структурой.	1	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
 (Специальность 1-36 12 01, заочная сокращенная форма  
 получения образования)

1	2	3	4	4	5	5	5	7
Номер раздела, темы	Наименование темы	Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов УСП	Форма контроля знаний
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Теория механизмов и машин	8	6					
1	Механика машин							
1.1	Основы построения машин и механизмов.	1,0	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.2	Кинематические характеристики механизмов.	2,0	2,0	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.3	Исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями.	1,0	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.4	Силовой расчет механизмов, уравнивание роторов и механизмов.	1,5	2,0	-	-	-	-	Устный опрос
1.5	Трение и изнашивание в машинах и механизмах.	0,5	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.6	Динамика машин и механизмов с учетом упругости звеньев.	-	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
1.7	Виброактивность и виброзащита машин.	-	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2	Проектирование механизмов							
2.1	Синтез рычажных и манипуляционных механизмов.	-	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.2	Метод синтеза механизмов с высшими парами.	-	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.3	Синтез зубчатых механизмов.	1,0	1,0	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.4	Синтез многозвенных, планетарных и волновых зубчатых передач.	-	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен
2.5	Синтез кулачковых механизмов.	1,0	1,0	-	-	-	-	Устный опрос
2.6	Синтез механизмов с переменной структурой.	-	-	-	-	-	-	Устный опрос, экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Теория механизмов и механика машин: учебник для вузов / К. В. Фролов [и др.] ; под ред. Г. А. Тимофеева. - 6-е изд.. - Москва: МГТУ, 2009. - 687 с.
2. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин : учебник для вузов / И. И. Артоболевский. - 4-е изд. - Москва: Наука, 1988. - 639 с.
3. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для вузов / М. З. Коловский [и др.]. - 2-е изд., испр. - Москва: Академия, 2008. - 558 с.
4. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов / под ред. Г. А. Тимофеева, Н. В. Умнова. - Москва: МГТУ, 2010. - 154 с.
5. Левитский, Н. И. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для вузов / Н.И. Левитский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Наука, 1990. - 590с.
6. Филонов, И. П. Теория механизмов, машин и манипуляторов : учебное пособие для машиностроит. спец. вузов / И. П. Филонов, П. П. Анципорович, В. К. Акулич. - Минск: Дизайн ПРО, 1998. - 656 с.
7. Попов, С. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин : учебное пособие для вузов / С. А. Попов, Г. А. Тимофеев ; под ред. К. В. Фролова. - 4-е изд. - Москва : Высшая школа, 2002. - 411 с.
8. Артоболевский, И. И. Сборник задач по теории механизмов и машин : учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов / И. И. Артоболевский, Б. В. Эдельштейн. - Москва: Наука, 1973. - 256 с.
9. Теория механизмов и машин : учебное пособие / М.А. Мерко, А.В. Колотов, М.В. Меснянкин, А.А. Шаронов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск: СФУ, 2015. – 248 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497728> (дата обращения: 05.12.2019). – Библиогр.: с. 243-244. – ISBN 978-5-7638-3362-1. – Текст : электронный.
10. Теория механизмов и машин=Theory of mechanisms and machines : учебное пособие на английском языке / авт.-сост. В.Г. Копченков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : СКФУ, 2018. – 187 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494819> (дата обращения: 05.12.2019). – Текст : электронный.
11. Глухов, Б.В. Кулачковые механизмы машин : учебное пособие / Б.В. Глухов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 196 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452810> (дата обращения: 05.12.2019). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-8849-6. – DOI 10.23681/452810. – Текст : электронный.

### Дополнительная литература

1. Тимофеев, Г. А. Теория механизмов и машин: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Г. А. Тимофеев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2015. - 429 с.
2. Тимофеев, Г. А. Теория механизмов и машин: курс лекций / Г. А. Тимофеев. - Москва: Высшая школа, 2009. - 352 с.
3. Левитский, Н. И. Колебания в механизмах : учеб. пособие для вузов / Н.И. Левитский. - Москва : Наука, 1988. - 336с.
4. Решетов, Л. Н. Самоустанавливающиеся механизмы: справочник / Л. Н. Решетов. - Москва: Машиностроение, 1991. - 283 с.
5. Теория механизмов и машин : учебное пособие для вузов / [П. Н. Учаев и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. - Старый Оскол : ТНТ, 2019. - 295 с.
6. Смелягин, А. И. Теория механизмов и машин : учебное пособие / А. И. Смелягин. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 262 с.
7. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах: учебник для машиностр. спец. вузов / П. Н. Богданович, В. Я. Прушан . - Минск : Вышэйшая школа, 1999. - 374 с.
8. Браун, Э. Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах / Э. Д. Браун, Ю. А. Евдокимов, А. В. Чичинадзе. - Москва: Машиностроение, 1982.- 192 с.
9. Балансировка машин и приборов / под ред. В. А. Щепетильникова. - Москва: Машиностроение, 1979. - 294 с.
10. Основы балансировочной техники. М.: Машиностроение, 1992.- 464 с.
11. Гольдин, А.С. Вибрация роторных машин / А.С. Гольдин. - Москва: Машиностроение, 1999. - 344 с.
12. Проников, А.С. Надежность машин / А.С. Проников. - Москва: Машиностроение, 1978. – 592 с.
13. Леонов, И. В. Теория механизмов и машин: основы проектирования по динамическим критериям и показателям экономичности: учеб. пособие для вузов / И. В. Леонов, Д. И. Леонов. - Москва: Высшее образование: ЮРАЙТ, 2009. - 239 с.
14. Теория механизмов и машин. Терминология: Учеб. пособие / Н.И.Левитский, Ю.Я.Гуревич, В.Д. Плахтин и др.; Под ред. К.Ф.Фролова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007.– 80 с.
15. Коренев, Б. Г. Динамические гасители колебаний: теория и техн. прил. / Б. Г. Коренев. - Москва : Наука, 1988. - 302 с.
16. Теория механизмов, машин и манипуляторов. Практическое руководство по одноименному курсу для студентов дневной и заочной форм обучения машиностроительных специальностей / Авт.-сост.: В.И. Глазунов, Д.Г. Кроль. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2004. – 82 с.
17. Теория машин и механизмов: практическое пособие к лабораторным работам по теории механизмов, машин и манипуляторов для студентов машино-

строительных специальностей / Авт.-сост.: В.И. Глазунов, М.И. Лискович. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2003. – 97 с.

18. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов. Практикум по курсу «Теория механизмов и машин» для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения / Д.Г. Кроль, Н.В. Иноземцева, М.И. Лискович. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. – 55 с.

19. Теория механизмов и машин. Синтез кулачковых механизмов [Электронный ресурс]: методические указания к курсовому проектированию для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения / Н. В. Иноземцева, Д. Г. Кроль, М. И. Лискович; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Техническая механика". - Гомель : ГГТУ, 2011 - 48 с.

20. Силовой анализ механизмов [Электронный ресурс ]: практикум по курсу "Теория механизмов и машин" для студентов специальности 1-36 01 01 "Технология машиностроения" дневной и заочной форм обучения / Д. Г. Кроль [и др.] ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Техническая механика". - Гомель : ГГТУ, 2014. - 45 с.

#### Электронные учебно-методические комплексы

Кроль, Д. Г.; Лискович, М. И.; Иноземцева, Н. В.; Концевой, И. А. Электронный учебно-методический комплекс дисциплин «Теория механизмов, машин и манипуляторов», «Теория машин и механизмов», «Теория механизмов и машин» для студентов специальностей 1 – 36 01 03 Технологическое оборудование машиностроительного производства 1 – 36 01 05 Машины и технология обработки материалов давлением 1 – 36 12 01 Проектирование и производство сельскохозяйственной техники 1 – 36 01 01 Технология машиностроения 1 – 36 02 01 01 Машины и технология литейного производства 1 – 36 01 07 Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин 1 – 36 20 02 03 Упаковочное производство (по направлениям). Электронная библиотека ГГТУ им. П.О.-Сухого. 2010.

#### Перечень практических занятий

Основы строения машин и механизмов.

Кинематический анализ механизмов.

Исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями.

Силовой расчет механизмов, уравнивание роторов и механизмов.

Синтез рычажных и манипуляционных механизмов.

Метод синтеза механизмов с высшими парами.

Синтез зубчатых механизмов.

Синтез многозвенных, планетарных и волновых зубчатых передач.

Синтез кулачковых механизмов.

## Перечень вопросов к экзамену

1. Машина и механизм. Звено и кинематическая пара. Классификация кинематических пар. Кинематическая цепь.
2. Основные виды механизмов, их назначение. Кинематическая схема механизма. План механизма. Масштабные коэффициенты.
3. Число степеней свободы механизма. Обобщенные координаты механизма. Начальные механизмы. Избыточные связи и подвижности.
4. Структурная группа Ассура. Формула строения механизма, его класс и порядок. Структурный анализ и синтез механизмов.
5. Задачи кинематического анализа. Обобщенные скорость и ускорение. Функция положения, первая и вторая передаточные функции.
6. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов аналитическим методом.
7. Функция положения, первая и вторая передаточные функции. Кинематический анализ механизмов методом диаграмм.
8. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов методом планов скоростей и ускорений.
9. Зубчатые механизмы. Простейшие трехзвенные механизмы. Простейшие зубчатые ряды.
10. Зубчатые механизмы. Планетарный механизм. Дифференциальный механизм. Замкнутый дифференциальный механизм.
11. Зубчатые механизмы. Кинематический анализ зубчатых механизмов графическими методами.
12. Зубчатые механизмы. Кинематический анализ зубчатых механизмов аналитическим методом. Формула Виллиса.
13. Основные задачи динамики. Силы, действующие в механизмах и их характеристики. Динамическая модель машины. Приведение сил и масс.
14. Уравнение движения динамической модели в форме энергии и дифференциальной форме. Режимы работы машины.
15. Установившееся движение. Неравномерность режима движения и назначение маховика.
16. Задачи силового анализа механизмов. Силы инерции звеньев механизмов. Условие кинетостатической определенности групп Ассура.
17. Порядок силового анализа плоских рычажных механизмов. Определение реакций в кинематических парах методом планов сил.
18. Алгоритм силового анализа плоских рычажных механизмов. Аналитический метод силового расчета (метод проекций).
19. Неуравновешенность механизмов и ее виды. Полное и частичное статическое уравновешивание механизмов. Метод заменяющих масс.
20. Неуравновешенность вращающихся масс и ее виды. Статическое и динамическое уравновешивание вращающихся масс.

21. Трение. Природа сил трения. Внутреннее и внешнее трение. Трение скольжения. Действие сил в кинематических парах с учетом сил трения.
22. Силовой анализ механизмов с учетом сил трения. КПД механизма и системы. КПД механизмов при их различном соединении.
23. Основные этапы синтеза механизмов. Условие существования кривошипа. Крайние положения звеньев механизма.
24. Основная теорема зацепления. Эвольвента. Свойства эвольвенты. Эвольвентное зацепление.
25. Коэффициенты относительного смещения. Выбор коэффициентов относительного смещения. Расчет геометрических параметров зубчатой передачи.
26. Способы изготовления зубчатых колес. Классификация зубчатых колес и зубчатых передач.
27. Основные размеры зуба. Качественные показатели эвольвентных зубчатых передач (подрезание зуба, заострение зуба, непрерывность взаимодействия зубьев).
28. Синтез планетарного механизма. Выбор чисел зубьев и количества сателлитов планетарного механизма по условиям соседства, соосности и сборки.
29. Кулачковые механизмы. Типы кулачковых механизмов. Основные размеры кулачковых механизмов.
30. Типы кулачковых механизмов. Законы движения выходного звена и способы их задания при синтезе механизма.
31. Кулачковые механизмы. Угол давления. Определение основных размеров из условий ограничения угла давления. Пример.
32. Определение профиля кулачка по заданному закону движения выходного звена. Выбор размера ролика. Пример.
33. Кулачковые механизмы. Особенности синтеза кулачковых механизмов с плоским толкателем.

#### Перечень вопросов к зачету

1. Машина и механизм. Звено и кинематическая пара. Классификация кинематических пар. Кинематическая цепь.
2. Основные виды механизмов, их назначение. Кинематическая схема механизма. План механизма. Масштабные коэффициенты.
3. Число степеней свободы механизма. Обобщенные координаты механизма. Начальные механизмы. Избыточные связи и подвижности.
4. Структурная группа Ассура. Формула строения механизма, его класс и порядок. Структурный анализ и синтез механизмов.
5. Задачи кинематического анализа. Обобщенные скорость и ускорение. Функция положения, первая и вторая передаточные функции.
6. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов аналитическим методом.
7. Функция положения, первая и вторая передаточные функции. Кинематический анализ механизмов методом диаграмм.



8. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов методом планов скоростей и ускорений.
9. Зубчатые механизмы. Простейшие трехзвенные механизмы. Простейшие зубчатые ряды.
10. Зубчатые механизмы. Планетарный механизм. Дифференциальный механизм. Замкнутый дифференциальный механизм.
11. Зубчатые механизмы. Кинематический анализ зубчатых механизмов графическими методами.
12. Зубчатые механизмы. Кинематический анализ зубчатых механизмов аналитическим методом. Формула Виллиса.
13. Основные задачи динамики. Силы, действующие в механизмах и их характеристики. Динамическая модель машины. Приведение сил и масс.
14. Уравнение движения динамической модели в форме энергии и дифференциальной форме. Режимы работы машины.
15. Установившееся движение. Неравномерность режима движения и назначение маховика.
16. Задачи силового анализа механизмов. Силы инерции звеньев механизмов. Условие кинетостатической определимости групп Ассура.
17. Порядок силового анализа плоских рычажных механизмов. Определение реакций в кинематических парах методом планов сил.
18. Алгоритм силового анализа плоских рычажных механизмов. Аналитический метод силового расчета (метод проекций).
19. Неуравновешенность механизмов и ее виды. Полное и частичное статическое уравновешивание механизмов. Метод заменяющих масс.
20. Неуравновешенность вращающихся масс и ее виды. Статическое и динамическое уравновешивание вращающихся масс.
21. Трение. Природа сил трения. Внутреннее и внешнее трение. Трение скольжения. Действие сил в кинематических парах с учетом сил трения.
22. Основные этапы синтеза механизмов. Условие существования кривошипа. Крайние положения звеньев механизма.
23. Основная теорема зацепления. Эвольвента. Свойства эвольвенты. Эвольвентное зацепление.
24. Коэффициенты относительного смещения. Выбор коэффициентов относительного смещения. Расчет геометрических параметров зубчатой передачи.
25. Способы изготовления зубчатых колес. Классификация зубчатых колес и зубчатых передач.
26. Основные размеры зуба. Качественные показатели эвольвентных зубчатых передач (подрезание зуба, заострение зуба, непрерывность взаимодействия зубьев).
27. Синтез планетарного механизма. Выбор чисел зубьев и количества сателлитов планетарного механизма по условиям соседства, соосности и сборки.
28. Кулачковые механизмы. Типы кулачковых механизмов. Основные размеры кулачковых механизмов.

29. Типы кулачковых механизмов. Законы движения выходного звена и способы их задания при синтезе механизма.

30. Кулачковые механизмы. Угол давления. Определение основных размеров из условий ограничения угла давления. Пример.

31. Определение профиля кулачка по заданному закону движения выходного звена. Выбор размера ролика. Пример.

#### Мероприятия самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины должна использоваться такая форма самостоятельной работы, как решение индивидуальных задач в аудитории на практических занятиях под контролем преподавателя.

Не все вопросы программы выносятся на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой часть разделов они изучают самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения включаются в перечень вопросов к экзамену.

Для организации самостоятельной работы студентов эффективно используются современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала и электронной библиотеки университета.

Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе итогового контроля знаний в форме устного или письменного опроса, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

#### Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Избыточные связи и подвижности.
2. Замкнутый дифференциальный механизм.
3. Определение момента инерции маховика по методу энергомасс (методу Виттенбауэра).
4. Численные методы для решения уравнений движения механизма.
5. Частичное статическое уравнивание механизмов.
6. Способы балансировки роторов.
7. Синтез по крайним положениям звеньев кривошипно-коромыслового механизма. Синтез кривошипно-коромыслового механизма по коэффициенту изменения средней скорости выходного звена.
8. Методы снижения виброактивности машин. Виброизоляция машин. Линейные виброизоляторы. Динамические виброгасители. Ударные гасители колебаний.
9. Волновые зубчатые передачи и их геометрический расчет.
10. Самонастраивающиеся, самоуправляемые и самозатягивающиеся механизмы.

## Методы (технологии) обучения и инновационные подходы к преподаванию дисциплины

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

## Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

## Требования к студентам при прохождении аттестации

В соответствии с п. 17 Положения «О текущей аттестации» от 11.11.2013 №29 студенты допускаются к сдаче экзамена (зачета) по учебной дисциплине при условии выполнения ими всех видов занятий, предусмотренных учебным планом и настоящей учебной программой.

При прохождении текущей и итоговой аттестации студентам запрещается пользоваться учебными изданиями по дисциплине, различного рода записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

## Средства диагностики и контроля качества усвоения знаний

Для контроля знаний студентов применяются следующие формы:

- 1) устная форма в виде собеседования на практических занятиях, участия с докладами на студенческих научно-технических конференциях;
- 2) письменная форма в виде тестов, письменных отчетов по практическим занятиям, оценивая на основе модульно – рейтинговой системы;
- 3) устно – письменная форма в виде отчетов по домашним и практическим упражнениям с их устной защитой, экзамена;
- 4) устно – письменная форма в виде защиты курсового проекта;
- 5) техническая форма в виде электронных тестов.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	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)
Детали машин (1-36 01 05)	Механика	Нет О.Н. Шабловский	
Детали машин и основы конструирования (1-36 12 01)	Механика	Нет О.Н. Шабловский	