



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Механика

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	6
Общее количество часов	216
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	64
– Лекционные (Л)	32
– Практические (ПЗ)	32
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	98
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (54)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	19

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Механика» входит в «Обязательная часть» подготовки обучающихся по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области.

ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области. ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.	Знает ИД-1 ОПК-1.1 Методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-2 ОПК-1.2 Подходы к определению необходимости и постановке задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет ИД-3 ОПК-1.1 Применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования для изучения предметной области (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-4 ОПК-1.2 Определять необходимость и формулировать задачи экспериментального исследования, выбирать средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту).

		Имеет навыки ИД-5 ОПК-1.1 Владение навыками применения методов математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-6 ОПК-1.2 Владение навыками постановки экспериментальных задач, обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	--

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль)
«Мехатроника»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Физика	Основы инжиниринга

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Статика: равновесие сил, реакции связей и расчет усилий в шарнирах манипуляторов.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Кинематика точки и твердого тела: скорости, ускорения звеньев и передаточные функции роботов.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Динамика материальной точки: общие теоремы динамики и расчет мощностей приводов при разгоне.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Аналитическая механика: принцип возможных перемещений и уравнения Лагранжа II рода для многозвенных систем.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Теория механизмов и машин: структурный анализ по группам Ассура и проектирование рычажных передач актуаторов.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Балансировка роторов и гироскопические эффекты: динамическое гашение вибраций двигателей дронов.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Соппротивление материалов: расчеты валов редукторов на прочность, жесткость и устойчивость корпусов.	20	4	4	12	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	Прикладная механика роботов: эвольвентное зацепление, планетарные передачи сервоприводов и трибология ШВП.	22	4	4	14	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		54				
Итого		216	32	32	98	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

1. **Статика: равновесие сил, реакции связей и расчет усилий в шарнирах манипуляторов** Рассмотрение механической системы в покое. Аксиомы статики, связи и их реакции (идеальные цилиндрические и сферические шарниры, невесомые стержни). Система сходящихся сил для расчета натяжения тросов подвешенного робота. Плоская система произвольно расположенных сил: составление уравнений равновесия для определения нагрузок на основание стационарного промышленного манипулятора.

2. **Кинематика точки и твердого тела: скорости, ускорения звеньев и передаточные функции роботов** Раздел механики, изучающий движение без учета вызывающих его причин. Траектория, скорость и ускорение точки при векторном и естественном способах задания движения. Мгновенный центр скоростей (МЦС) плоской фигуры. Определение линейных скоростей точек захвата антропоморфной руки через угловую скорость вращения локтевого сустава.

3. **Динамика материальной точки: общие теоремы динамики и расчет мощностей приводов при разгоне** Изучение движения тел под действием приложенных к ним сил. Дифференциальные уравнения движения точки в инерциальной системе отсчета. Две основные задачи динамики. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы. Расчет необходимой мощности сервопривода для обеспечения заданного темпа разгона схвата из состояния покоя до рабочей скорости.

4. **Аналитическая механика: принцип возможных перемещений и уравнения Лагранжа II рода для многозвенных систем** Обобщенные координаты, силы и кинетическая энергия системы. Идеальные связи. Принцип Даламбера-Лагранжа как метод исключения реакций связей. Вывод дифференциальных уравнений движения сложного мехатронного объекта (например, дельта-робота) с использованием формализма Лагранжа второго рода для последующей настройки контроллера управления.

5. **Теория механизмов и машин: структурный анализ по группам Ассура и проектирование рычажных передач актуаторов** Классификация кинематических пар по числу наложенных условий связей. Степень подвижности механизма (*формула Чебышева*). Структурный синтез плоских рычажных механизмов методом наслоения структурных групп нулевой подвижности (групп Ассура). Проектирование кривошипно-ползунного механизма для преобразования вращательного выходного вала двигателя в возвратно-поступательное движение пневмоцилиндра.

6. **Балансировка роторов и гироскопические эффекты: динамическое гашение вибраций двигателей дронов** Уравновешивание масс, вращающихся вокруг оси. Статическая и динамическая балансировка жестких роторов бесколлекторных двигателей квадрокоптеров. Прецессия гироскопа. Гироскопический момент, возникающий при маневрировании летающего робота, и его влияние на точность стабилизации платформы с оптической полезной нагрузкой.

7. **Соппротивление материалов: расчеты валов редукторов на прочность, жесткость и устойчивость корпусов** Инженерная дисциплина о прочности и деформациях. Напряжения и деформации при растяжении-сжатии (закон Гука), кручении круглых валов и прямом поперечном изгибе балок мобильной платформы. Понятие эквивалентного напряжения по третьей или четвертой теории прочности. Проверка длинных тонкостенных стоек шасси дрона на потерю устойчивости (продольный изгиб).

8. **Прикладная механика роботов: эвольвентное зацепление, планетарные передачи сервоприводов и трибология ШВП** Основы проектирования зубчатых передач. Эвольвента окружности как основной профиль зуба, обеспечивающая постоянство передаточного отношения. Особенности геометрии планетарных и волновых редукторов высокой компактности. Передача «винт-гайка скольжения» и шарико-винтовая передача (*ШВП*): расчет КПД, критической скорости вращения винта и выбор класса точности для координатных столов 3D-принтеров.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Статика: равновесие сил, реакции связей и расчет усилий в шарнирах манипуляторов.
ПЗ 2	Кинематика точки и твердого тела: скорости, ускорения звеньев и передаточные функции роботов.
ПЗ 3, 4	Динамика материальной точки: общие теоремы динамики и расчет мощностей приводов при разгоне.
ПЗ 5	Аналитическая механика: принцип возможных перемещений и уравнения Лагранжа II рода для многозвенных систем.
ПЗ 6, 7	Теория механизмов и машин: структурный анализ по группам Ассура и проектирование рычажных передач актуаторов.
ПЗ 8	Балансировка роторов и гироскопические эффекты: динамическое гашение вибраций двигателей дронов.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Статика: равновесие сил, реакции связей и расчет усилий в шарнирах манипуляторов.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Кинематика точки и твердого тела: скорости, ускорения звеньев и передаточные функции роботов.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Динамика материальной точки: общие теоремы динамики и расчет мощностей приводов при разгоне.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Аналитическая механика: принцип возможных перемещений и уравнения Лагранжа II рода для многозвенных систем.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Теория механизмов и машин: структурный анализ по группам Ассура и проектирование рычажных передач актуаторов.	Л	Мозговой штурм	50
6	Балансировка роторов и гироскопические эффекты: динамическое гашение вибраций двигателей дронов.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Соппротивление материалов: расчеты валов редукторов на прочность, жесткость и устойчивость корпусов.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Прикладная механика роботов: эвольвентное зацепление, планетарные передачи сервоприводов и трибология ШВП.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся
4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Статика: равновесие сил, реакции связей и расчет усилий в шарнирах манипуляторов.	1, 2	1, 3, 5
2	Кинематика точки и твердого тела: скорости, ускорения звеньев и передаточные функции роботов.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Динамика материальной точки: общие теоремы динамики и расчет мощностей приводов при разгоне.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Аналитическая механика: принцип возможных перемещений и уравнения Лагранжа II рода для многозвенных систем.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Теория механизмов и машин: структурный анализ по группам Ассур и проектирование рычажных передач актуаторов.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Балансировка роторов и гироскопические эффекты: динамическое гашение вибраций двигателей дронов.	17, 18	2, 3, 5
7	Сопrotивление материалов: расчеты валов редукторов на прочность, жесткость и устойчивость корпусов.	19-25	1, 3, 5
8	Прикладная механика роботов: эвольвентное зацепление, планетарные передачи сервоприводов и трибология ШВП.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Применение принципа возможных перемещений для определения усилий в приводах параллельного дельта-робота при удержании статической нагрузки.
2. Динамическое уравнивание быстровращающихся роторов вентильных двигателей квадрокоптеров: методы балансировки и анализ влияния дисбаланса на вибрацию рамы.
3. Синтез четырехзвенного рычажного механизма захвата антропоморфного протеза по заданным положениям рабочего органа (метод остановки Чебышева).
4. Гироскопические эффекты в системах стабилизации платформы БПЛА: математическая модель прецессии и нутации трехосевого подвеса камеры.
5. Анализ напряженно-деформированного состояния клеевых соединений корпусов портативных роботов с использованием метода конечных элементов (МКЭ).
6. Исследование явления потери устойчивости (продольного изгиба) тонкостенных композитных стоек шасси беспилотника при критических сжимающих нагрузках посадки.
7. Построение планов скоростей и ускорений для кулисного механизма привода подачи сварочной проволоки полуавтоматического манипулятора.
8. Моделирование упругих деформаций (податливости) гибких пальцев захватного устройства с помощью балочных элементов МКЭ.
9. Расчет КПД и потерь на трение в планетарном редукторе сервопривода коллаборативного робота при различных режимах смазки.
10. Определение закона движения толкателя кулачкового механизма системы газораспределения или топливоподачи двигателя внутреннего сгорания роботизированной транспортной платформы.
11. Влияние зазоров во вращательных кинематических парах шарниров промышленного робота на точность позиционирования его схвата в рабочей зоне.
12. Теория удара: расчет коэффициента восстановления и импульса силы при соударении мобильного сервисного робота с препятствием динамического склада.

13. Свободные крутильные колебания многомассовой эквивалентной схемы вала длинного телескопического звена инспекционного робота.

14. Оптимизация геометрии зубчатой передачи редуктора минимизации массы при сохранении требуемого момента сопротивления усталости.

15. Численное решение обратной задачи динамики для планирования плавной траектории безударного перемещения груза двухзвенным плоским манипулятором методом кубических сплайнов.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Статика: равновесие сил, реакции связей и расчет усилий в шарнирах манипуляторов.	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Кинематика точки и твердого тела: скорости, ускорения звеньев и передаточные функции роботов.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Динамика материальной точки: общие теоремы динамики и расчет мощностей приводов при разгоне.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Аналитическая механика: принцип возможных перемещений и уравнения Лагранжа II рода для многозвенных систем.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Теория механизмов и машин: структурный анализ по группам Ассур и проектирование рычажных передач актуаторов.	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Балансировка роторов и гироскопические эффекты: динамическое гашение вибраций двигателей дронов.	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Соппротивление материалов: расчеты валов редукторов на прочность, жесткость и устойчивость корпусов.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2

8	Прикладная механика роботов: эвольвентное зацепление, планетарные передачи сервоприводов и трибология ШВП.	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
---	---	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. **Определение реакций опор мобильной платформы.** Платформа весом 500 Н опирается на четыре колеса, расположенные в углах прямоугольника. Центр тяжести смещен относительно геометрического центра. Определите нормальные реакции под каждым колесом, используя уравнения равновесия плоской системы сил.

2. **Расчет усилий в шарнире манипулятора.** Звено робота длиной 0,6 м удерживается под углом 45 градусов к горизонту приводом в локтевом суставе. На конце звена закреплен груз массой 10 кг. Найти момент силы, который должен развить сервопривод для удержания звена в равновесии.

3. **Кинематический анализ кривошипно-ползунного механизма.** Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью 50 рад/с и радиусом 0,05 м. Построить план скоростей для положения, когда кривошип перпендикулярен направляющей ползуна (актуатора), и определить скорость поступательного движения штока.

4. **Определение ускорения Кориолиса.** Ползун движется вдоль вращающегося звена робота-манипулятора со скоростью 0,5 м/с. Само звено вращается с угловой скоростью 4 рад/с. Рассчитать модуль абсолютного ускорения ползуна с учетом ускорения Кориолиса.

5. **Применение теоремы об изменении кинетической энергии.** Барабан лебедки подъемника имеет радиус 0,2 м и массу 50 кг. С какой высоты должна опуститься кабина массой 200 кг, чтобы барабан разогнался до частоты вращения 100 об/мин? Трением пренебречь.

6. **Составление уравнений Лагранжа II рода.** Для математического маятника переменной длины $l(t) = l_0 - kt$ составить дифференциальное уравнение движения, выбрав угол отклонения в качестве обобщенной координаты.

7. **Структурный анализ рычажного схвата.** Выполнить структурный анализ захватного устройства, состоящего из стойки и четырех подвижных звеньев, соединенных шестью одноподвижными вращательными парами. Определить степень подвижности по формуле Чебышева.

8. **Проектирование планетарного редуктора.** Подобрать числа зубьев ($z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$) для однорядного планетарного механизма по заданному передаточному отношению $i = 7$, соблюдая условие соосности и отсутствия заклинивания при модуле $m = 1$.

9. **Растяжение-сжатие стержня датчика силы.** Стальной стержень тензодатчика диаметром 5 мм растягивается силой 2 кН. Проверить прочность материала, если допускаемое напряжение составляет 160 МПа, и рассчитать абсолютное удлинение стержня длиной 40 мм.

10. **Кручение вала сервопривода.** Сплошной вал привода колеса дрона передает мощность 500 Вт при частоте вращения 3000 об/мин. Определить диаметр вала из расчета только на прочность, если допускаемое касательное напряжение равно 60 МПа.

11. **Прямой поперечный изгиб балки шасси.** Консольная балка длиной 0,3 м нагружена на свободном конце сосредоточенной силой 100 Н. Построить эпюры поперечных сил QQQ и изгибающих моментов MMM. Подобрать двутавровое сечение из условия прочности.
12. **Устойчивость сжатой стойки.** Дюралюминиевая стойка квадратного сечения 10x10 мм и длиной 400 мм сжимается осевой силой. Определить критическую нагрузку по формуле Эйлера и вычислить коэффициент запаса устойчивости при рабочей нагрузке 500 Н.
13. **Балансировка ротора.** В плоскости диска ротора гироскопа на расстоянии 20 мм от оси неуравновешенная масса 5 г. С какой частотой вращения начнется разрушительная вибрация, если жесткость опоры эквивалентна пружине с коэффициентом $c=2 \cdot 10^5 \text{ c} = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$?
14. **Трение в кинематических парах.** Определить силу, которую должен развить пневмоцилиндр для равномерного подъема груза массой 50 кг по наклонной направляющей ($\alpha=30^\circ$), если коэффициент трения скольжения равен 0,15.
15. **Эвольвентное зубчатое зацепление.** Для пары цилиндрических прямозубых колес с числами зубьев $z_1=20$ и $z_2=60$ и модулем $m=2 \text{ мм}$ построить схему станочного зацепления инструмента (долбяка) с заготовкой колеса, определив толщину зуба по делительной окружности.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Исторический обзор развития механики машин: от зарождения статики в трудах Архимеда и механики жидкостей у Архимеда до кинематического синтеза механизмов П.Л. Чебышева и теории автоматического регулирования И.А. Вышнеградского.
2. Принцип Даламбера как фундамент динамики несвободных механических систем: математическая формулировка, метод кинетостатики и его применение для исключения реакций связей при расчете многосвязных роботов-манипуляторов.
3. Гироскопические явления в современной технике: физическая природа прецессии и нутации, их влияние на точность навигации автономных подводных аппаратов и стабилизацию платформ беспилотных летательных аппаратов.
4. Теория идеальной связи и ее ограничения: анализ влияния сухого (кулоновского) трения и вязкого сопротивления на КПД реальных рычажных механизмов захватных устройств и методы учета этих факторов в расчетах.
5. Сравнительный анализ классических теорий прочности (наибольших нормальных напряжений, наибольших касательных напряжений Мора) применительно к хрупким композитным материалам корпусов сервисных роботов.
6. Эволюция геометрии зубчатого зацепления: от циклоидального профиля колес первых часовых механизмов до современного эвольвентного профиля по стандарту ISO 53 и перспективы применения передачи Новикова.
7. Динамика гибких манипуляторов: вывод уравнений движения распределенных параметрических систем с учетом упругих поперечных колебаний звеньев и проблема подавления остаточных вибраций схвата после позиционирования.
8. Основы трибологии сопряжений мехатронных модулей: молекулярно-механическая теория трения, гидродинамическая смазка подшипников скольжения высокоскоростных шпинделей и выбор твердых смазочных покрытий для вакуума.
9. Явление потери устойчивости сжатых элементов конструкций мобильных роботов: практическое применение формулы Эйлера и эмпирической формулы Ясинского для расчета тонкостенных алюминиевых стоек складских дронов.
10. Методы гашения механических колебаний в точном приборостроении: пассивное демпфирование (расширители спектра, вязкоупругие материалы), динамические поглотители вибрации и магнитореологические демпферы подвесов оптических систем.
11. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений движения в задачах моделирования робототехнических комплексов: сравнительный анализ точности и вычислительной устойчивости методов Рунге-Кутты и неявных алгоритмов Ньюмарка.

12. Теория удара в механизмах цикловой автоматики: классификация ударов (центральные, косые), коэффициент восстановления скорости и методика расчета времени соударения при работе промышленных отбойных молотков или сортировщиков.

13. Планетарные и волновые редукторы сверхвысокой компактности: кинематика многопоточности мощности, особенности деформации гибкого колеса волновой передачи и критерии выбора для привода суставов антропоморфных роботов.

14. Обратные задачи динамики в управлении движением: постановка задачи планирования траектории во времени, граничные условия по положению, скорости и ускорению, использование полиномов пятой степени (quintic polynomials) для обеспечения плавности jerk.

15. Биомеханика как источник вдохновения для инженерной механики: принципы работы мышечно-сухожильных аппаратов человека, реализация переменной жесткости (series elastic actuators) в приводах коллаборативных роботов для безопасного взаимодействия с человеком.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Аксиомы статики и связи, их реакции. Идеальные связи в механизмах роботов (шарниры, ползуны) и правила определения направления реакций.

2. Система сходящихся сил: геометрический и аналитический способы определения равнодействующей. Условия равновесия для пространственной системы сходящихся сил.

3. Произвольная плоская система сил. Приведение к силе и паре. Частные случаи приведения (равнодействующая сила, пара сил). Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.

4. Трение скольжения и трение качения. Законы Амонтона-Кулона. Угол трения и конус трения. Учет сил трения при расчете привода захвата.

5. Кинематика точки: векторный способ задания движения. Определение скорости и ускорения через производные радиуса-вектора по времени.

6. Естественный способ задания движения точки. Формулы для касательного и нормального ускорений. Радиус кривизны траектории.

7. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Уравнения вращения, угловая скорость и угловое ускорение. Векторы угловой скорости.

8. Плоскопараллельное движение твердого тела. Разложение на поступательное и вращательное движения. Мгновенный центр скоростей (МЦС) и мгновенный центр ускорений (МЦУ).

9. Сложное движение точки. Абсолютное, относительное и переносное движения. Теорема сложения скоростей и теорема Кориолиса о сложении ускорений.

10. Законы динамики Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Силы инерции Даламбера при решении задач кинетостатики.

11. Две основные задачи динамики материальной точки. Дифференциальные уравнения движения в декартовых и естественных осях координат.

12. Общие теоремы динамики: теорема об изменении количества движения (импульса) материальной точки и механической системы.

13. Общие теоремы динамики: теорема об изменении кинетической энергии материальной точки и механической системы в дифференциальной и конечной формах.

14. Принцип возможных перемещений Лагранжа. Идеальные связи. Аналитическое условие равновесия произвольной механической системы.

15. Общее уравнение динамики (принцип Даламбера-Лагранжа). Применение для составления уравнений движения систем с несколькими степенями свободы.

16. Уравнения Лагранжа II рода. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Алгоритм вывода дифференциальных уравнений движения манипулятора.

17. Структура механизмов. Звенья, кинематические пары (их классификация по числу условий связей), степень подвижности по формуле Чебышева-Малышева.

18. Структурный синтез рычажных механизмов. Группы Ассура. Класс и порядок групп. Формула строения механизма.

19. Планетарные и дифференциальные зубчатые механизмы. Формула Виллиса для определения передаточного отношения. Метод обращения движения.
20. Эвольвентное зубчатое зацепление. Основная теорема зацепления. Геометрические элементы эвольвентного профиля (модуль, шаг, угол профиля).
21. Свободные колебания механической системы с одной степенью свободы. Собственная частота колебаний без учета сопротивления среды.
22. Вынужденные колебания системы с вязким сопротивлением под действием гармонической возмущающей силы. Резонанс и динамический гаситель колебаний.
23. Основы теории удара. Коэффициент восстановления при ударе двух тел. Импульсивные силы. Прямой центральный удар упругих и неупругих тел.
24. Напряженное состояние в точке деформируемого тела. Главные площадки и главные напряжения. Закон Гука при растяжении-сжатии.
25. Сложное сопротивление: косой изгиб и внецентренное растяжение-сжатие стержней. Определение положения нейтральной оси и опасных точек сечения вала актуатора.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется раздел механики, изучающий равновесие твердых тел под действием приложенных к ним сил? а) Кинематика; б) Динамика; в) Статика; г) Сопротивление материалов. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что характеризует нормальное ускорение точки при криволинейном движении? а) Изменение величины скорости по модулю; б) Изменение направления вектора скорости; в) Угловую скорость вращения тела; г) Работу внешних сил. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой закон динамики связывает силу, действующую на тело, с массой этого тела и сообщаемым ею ускорением? а) Первый закон Ньютона; б) Второй закон Ньютона; в) Третий закон Ньютона; г) Закон всемирного тяготения. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В какой кинематической паре допускаются три вращательных и одно поступательное относительное движение звеньев? а) Шарнирное соединение IV класса; б) Поступательная пара V класса; в) Сферический шарнир III класса; г) Винтовая пара V класса. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое напряжение возникает в поперечном сечении вала при действии крутящего момента? а) Нормальное растягивающее; б) Касательное (напряжение сдвига); в) Изгибное сжатие; г) Объемное смятие. **Правильный ответ: б)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите две составляющие ускорения точки при естественном способе задания движения: а) Гравитационное; б) Касательное (тангенциальное); в) Кориолисово; г) Нормальное (центростремительное). **Правильный ответ: б), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных связей являются идеальными (трение отсутствует)? а) Шероховатая поверхность пола; б) Нить или трос манипулятора без массы; в) Абсолютно гладкая цилиндрическая втулка ползуна; г) Резиновые шины колес мобильного робота. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите условия статической определимости плоской фермы (формула $m = 2n - 3$, $m = 2n - 3$): а) m — число стержней, n — число узлов; б) Опоры представлены только шарнирно-неподвижной и шарнирно-подвижной; в) Все нагрузки приложены строго в узлы; г) Стержни имеют собственный вес. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие параметры входят в формулу для кинетической энергии твердого тела при плоском движении ($T = mV_c^2 + I_c\omega^2$, $T = \frac{1}{2}mV_c^2 + \frac{1}{2}I_c\omega^2$)? а) Масса тела (m); б) Момент

инерции относительно центра масс (I_{C1_C1c}); в) Коэффициент трения скольжения; г) Потенциальная энергия пружины. **Правильный ответ: а), б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. При каких условиях применима формула Эйлера для расчета критической силы продольного изгиба стойки? а) Напряжение выше предела пропорциональности материала; б) Материал работает в зоне упругих деформаций; в) Оба конца стойки закреплены шарнирно; г) Стойка имеет очень малую длину (при $L < 10d_L < 10d_L < 10d_L$). **Правильный ответ: б), в)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов составления уравнений Лагранжа II рода для механической системы:

1. Определение обобщенных координат;
2. Вычисление кинетической энергии через обобщенные координаты;
3. Нахождение обобщенных сил;
4. Подстановка производных в дифференциальные уравнения. **Правильный ответ: 1-2-3-4**

2-3-4

Укажите правильную последовательность построения плана скоростей для кулисного механизма:

1. Построение луча полюса и отрезка, изображающего вектор скорости известной точки;
2. Определение положения мгновенного центра скоростей звена;
3. Проведение направлений векторов скоростей искомых точек;
4. Измерение длин векторов и вычисление масштабного коэффициента. **Правильный ответ: 1-3-2-4**

ответ: 1-3-2-4

Укажите правильную последовательность действий при расчете балки на изгиб по методу сечений:

1. Составление выражения для изгибающего момента $M(x)$ $M(x)$ $M(x)$;
2. Определение опорных реакций из условий равновесия всей балки;
3. Разбиение балки на участки между точками приложения нагрузок;
4. Построение эпюры моментов по полученным функциям. **Правильный ответ: 2-3-1-4**

4

Укажите правильную последовательность фаз прямого центрального удара двух шаров:

1. Период восстановления формы тел после максимальной деформации;
2. Начало соприкосновения и начало деформации;
3. Максимальная деформация тел и равенство их скоростей;
4. Окончание взаимодействия и разлет тел. **Правильный ответ: 2-3-1-4**

Укажите правильную последовательность определения передаточного отношения многоступенчатого редуктора привода робота:

1. Запись формулы Виллиса для каждой ступени;
2. Определение знаков угловых скоростей водила и колес;
3. Перемножение частных передаточных отношений ступеней;
4. Фиксация неподвижного колеса в каждой ступени. **Правильный ответ: 4-2-1-3**

4. На установление соответствия (5 вопросов)

Установите соответствие между типом движения и его характеристикой:

А) Равномерное прямолинейное	1) Скорость меняется по величине и направлению
Б) Равномерное вращение	2) Ускорение равно нулю во все время движения
В) Равнопеременное криволинейное	3) Угловое ускорение равно нулю ($\varepsilon = 0$)
Г) Колебательное	4) Касательное ускорение постоянно ($a_{\tau} = \text{const}$), нормальное меняется

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 4, Г – 1

Установите соответствие между видом деформации и возникающим напряжением:

А) Растяжение-сжатие	1) Только касательные напряжения τ
Б) Кручение	2) Только нормальные напряжения σ вдоль оси

В) Чистый изгиб	3) Нормальные напряжения, меняющие знак от растяжения к сжатию
Г) Смятие	4) Распределенные контактные давления

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между законом трения и его математическим выражением:

А) Амонтона-Кулона (скольжение)	1) $F_{\text{мп}} = f \cdot N$
Б) Трение качения	2) $M_{\text{кп}} = \Delta \cdot N$
В) Предельная сила покоя 3) $F_{\text{мп.max}} = f_0 \cdot N$	
Г) Вязкое сопротивление 4) $F = \mu \cdot v$	

Правильный ответ: А – 1, Б – 2, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между теоремой динамики и ее формулировкой:

А) Об изменении количества движения	1) Зависит от работы всех внешних и внутренних сил
Б) Об изменении кинетической энергии 2) Равно главному вектору импульсов внешних сил	
В) О моменте количества движения 3) Производная равна сумме моментов внешних сил	
Г) О движении центра масс 4) Масса на ускорение ЦМ равна главному вектору внешних сил	

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между группой Ассура и количеством звеньев/пар:

А) Группа II класса 2-го порядка	1) 4 звена, 6 пар (сложный четырехзвенник)
Б) Группа III класса 3-го порядка 2) 2 звена, 3 пары (диада)	
В) Группа I класса (начальный механизм) 3) 3 звена, 4 пары (кривошипно-ползунный блок)	
Г) Группа II класса 3-го порядка 4) 1 звено, 1 пара (стойка и входное звено)	

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 4, Г – 3

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Линия действия равнодействующей равномерно распределенной нагрузки проходит через геометрическую фигуру **треугольник** (если нагрузка треугольная) или **прямоугольник** (если равномерная) посередине участка. (Примечание: для равномерной нагрузки правильным ответом будет «середина») **Правильный ответ:** середина

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Отношение угловой скорости ведомого вала к угловой скорости ведущего вала называется **передаточным отношением**. **Правильный ответ:** передаточное отношение

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (3 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию степень подвижности механизма — это ... **Правильный ответ:** число независимых вариаций параметров (обобщенных координат), определяющих положение всех звеньев механизма относительно стойки.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию жесткость механической системы — это ... **Правильный ответ:** способность конструкции сопротивляться изменению формы под действием внешних нагрузок; физическая величина, равная отношению силы к вызванному ею перемещению.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию коэффициент полезного действия (КПД) передачи — это ... **Правильный ответ:** отношение полезной мощности (или работы), затрачиваемой на преодоление полезных сопротивлений, к затраченной мощности (или работе) движущих сил.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Диевский, В. А. Теоретическая механика : учебник для вузов / В. А. Диевский. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 348 с.

2. Гребенкин, В. З. Техническая механика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. З. Гребенкин, Р. П. Заднепровский, В. А. Летягин ; под редакцией В. З. Гребенкина, Р. П. Заднепровского. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 390 с.

7.2. Дополнительная литература

3. Маркеев, А. П. Теоретическая механика / А. П. Маркеев. – Изд. 5-е, испр. и доп. – Москва : URSS : ЛЕНАНД, 2024. – 592 с.

4. Сафонова, Г. Г. Техническая механика : учебник / Г. Г. Сафонова, Т. Ю. Артюховская, Д. А. Ермаков. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 320 с.

5. Паршаков, А. Н. Механика : учебное пособие для СПО / А. Н. Паршаков. – Саратов : Профобразование ; Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. – 204 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:

2. <http://www.iprbookshop.ru>

3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>

4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>

5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс

6. <http://www.garant.ru/>— Гарант

7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- виртуальный лабораторный стенд «Теоретическая механика» на 20 рабочих мест;

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Механика**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Механика

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Пономаренко Андрей Владимирович

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)