

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 1

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«15» декабря 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Прикладная механика»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	15.03.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности/ специализации	Цифровой инжиниринг робототехнических комплексов
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н., доцент

Е.Э. Аман

08.12.25

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«08» декабря 2025 г, протокол № 05

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н.,доц.

(уч. степень, звание)

08.12.25

(подпись, дата)

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц.,к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

08.12.25

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Прикладная механика» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленности/специализации «Цифровой инжиниринг робототехнических комплексов». Дисциплина реализуется кафедрой «№1».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»

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

ОПК-9 «Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с применением методов прикладной механики для анализа, проектирования и эксплуатации мехатронных и робототехнических систем: расчёт на прочность и жесткость элементов конструкций промышленных роботов и манипуляторов; кинематический и силовой анализ механизмов (зубчатых, червячных, ременных, цепных передач); основы конструирования узлов и деталей машин; выбор стандартных изделий (подшипников, муфт, шпонок, направляющих качения) по справочникам и нормативным документам (ГОСТ, ISO) для обеспечения надёжности и долговечности робототехнических комплексов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (4 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Формирование фундаментальных знаний по теории механизмов и машин, сопротивлению материалов, деталям машин и основам конструирования для анализа механических систем мехатронных и робототехнических комплексов (промышленные роботы, манипуляторы, мобильные роботы).

Развитие инженерного мышления для решения профессиональных задач в области мехатроники и робототехники: расчёт на прочность и жесткость элементов робототехнических систем, кинематический расчёт передаточных механизмов (редукторов), выбор и проверка подшипников, муфт, шпоночных соединений, направляющих качения.

Подготовка к профессиональной деятельности в области цифрового инжиниринга робототехнических комплексов: умение выполнять проектные и проверочные расчёты механических передач, обосновывать технические решения с учётом нормативных требований (ЕСКД, ГОСТ), обеспечивать надёжность и долговечность робототехнического оборудования.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3.1 знать виды ресурсов и ограничения для решения поставленных задач УК-2.У.1 уметь проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения УК-2.У.3 уметь выдвигать альтернативные варианты действий с целью выбора оптимальных способов решения задач, в том числе с помощью цифровых средств УК-2.В.2 владеть навыками выбора оптимального способа решения задач с учетом имеющихся условий, ресурсов и ограничений
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной	ОПК-1.В.1 владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности

	деятельности	
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9.3.1 знает назначение и принцип действия основных видов технологического оборудования ОПК-9.У.1 умеет планировать испытания модулей и подсистем мехатронных и робототехнических систем ОПК-9.В.1 владеет практическим опытом разработки, освоения и внедрения новых технологических процессов и материалов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»,
- «Физика»,
- «Теоретическая механика»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Цифровая микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике»,
- «Управление роботами и робототехническими системами»

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№4
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки		
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	27	27
Самостоятельная работа, всего (час)	30	30
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.,	Экз.,

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.
Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 4					
Раздел 1. Теория механизмов и машин в робототехнике					
Тема 1.1. Структурный и кинематический анализ механизмов роботов. Степень подвижности манипулятора. Классификация передач	8				10
Тема 1.2. Кинематика зубчатых передач (рядовые, планетарные) редукторов роботов. Передаточное отношение. Формула Виллиса	4				5
	4				5
Раздел 2. Сопротивление материалов					
Тема 2.1. Растяжение/сжатие, сдвиг, кручение. Эпюры внутренних усилий. Применение к расчету звеньев манипуляторов	12		6		15
Тема 2.2. Изгиб. Эпюры Q и M. Нормальные напряжения	4		2		5
	4		2		5
Тема 2.3. Теории прочности. Эквивалентные напряжения. Усталостная прочность при циклических нагрузках	4		2		5
Раздел 3. Детали машин и основы конструирования					
Тема 3.1. Соединения (резьбовые, шпоночные, шлицевые). Расчёт на прочность	14		11		5
Тема 3.2. Механические передачи (зубчатые, червячные, ременные). Расчёт геометрии и прочности	4		3		1
	4		3		1
Тема 3.3. Валы и оси. Расчёт на статическую и усталостную прочность	3		3		1
	3		2		2
Тема 3.4. Подшипники качения и скольжения. Муфты. Выбор по стандартам					
Итого в семестре:	34		17		30
Итого	34	0	17	0	30

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Теория механизмов и машин в робототехнике Тема 1.1. Структурный и кинематический анализ механизмов роботов. Звено, кинематическая пара. Классификация пар. Степень подвижности промышленного робота. Формула Чебышева для плоских механизмов, формула Сомова–Малышева для пространственных. Определение числа степеней свободы манипулятора. Структурные схемы роботов. Тема 1.2. Кинематика зубчатых передач редукторов роботов. Основная теорема зацепления. Рядовая передача: передаточное число $i = z_2 / z_1$. Планетарные редукторы (типа 2К–Н). Формула Виллиса. Волновые редукторы. Определение частот вращения выходного вала.
2	Раздел 2. Сопротивление материалов

	<p>Тема 2.1. Растяжение/сжатие, сдвиг, кручение. Внутренние усилия. Эпюры N, Q, $M_{кр}$. Закон Гука: $\sigma = E \cdot \varepsilon$, $\tau = G \cdot \gamma$. Применение к расчёту звеньев манипуляторов, тяг, штанг.</p> <p>Тема 2.2. Изгиб. Поперечная сила Q и изгибающий момент M. Эпюры Q и M. Формула Навье: $\sigma = M \cdot y / I_x$. Условие прочности. Расчёт балок – аналогов направляющих и корпусов роботов. Расчёт руки манипулятора на изгиб.</p> <p>Тема 2.3. Теории прочности. III теория (наибольших касательных напряжений). IV теория (энергетическая). Эквивалентные напряжения. Усталостная прочность. Кривая Вёлера. Циклические нагрузки в робототехнике (позиционирование, схватывание).</p>
3	<p>Раздел 3. Детали машин и основы конструирования</p> <p>Тема 3.1. Соединения. Резьбовые соединения: расчёт на прочность. Шпоночные соединения: расчёт на смятие и срез. Шлицевые соединения. ЕСКД – оформление чертежей сборочных единиц роботов.</p> <p>Тема 3.2. Механические передачи редукторов роботов. Зубчатые передачи: расчёт геометрии и контактной прочности. Червячные передачи. Волновые редукторы (гармонические). Ремённые передачи в лёгких роботах.</p> <p>Тема 3.3. Валы и оси. Расчёт на статическую прочность. Расчёт на усталостную прочность. Коэффициенты запаса. Применение к валам редукторов роботов.</p> <p>Тема 3.4. Подшипники качения. Динамическая и статическая грузоподъёмность. Выбор подшипника по ресурсу для робота. Направляющие качения – линейные шариковые направляющие, шариковинтовые передачи (ШВП). Муфты: классификация, выбор для соединения двигатель–редуктор.</p>

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 4				
1	Определение механических характеристик материала при растяжении	2		2
2	Определение модуля сдвига при кручении	2		2
3	Исследование деформации изгиба консольного стержня прямоугольного	2		2

	поперечного сечения			
4	Исследование КПД механических передач	3		3
5	Исследование КПД винтового механизма	3		3
6	Исследование рабочих процессов ременных передач	3		3
7	Исследование трения в подшипниках качения	2		3
Всего		17		

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 4, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	20	20
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	5
Всего:	30	30

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
--------------------	--------------------------	---

https://e.lanbook.com/book/401117 Режим доступа: для авториз. пользователей	Молотников, В. Я. Прикладная механика : учебник для вузов / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 408 с. — ISBN 978-5-507-48917-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
https://e.lanbook.com/book/510385 Режим доступа: для авториз. пользователей.	Чмиль, В. П. Теория механизмов и машин : учебно-методическое пособие для вузов / В. П. Чмиль. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 280 с. — ISBN 978-5-507-54739-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
https://e.lanbook.com/book/341261 Режим доступа: для авториз. пользователей.	Соппротивление материалов / Б. Е. Мельников, Л. К. Паршин, А. С. Семенов, В. А. Шерстнев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 576 с. — ISBN 978-5-507-48147-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
Библиотека ГУАП	Соппротивление материалов : методические указания к выполнению домашнего задания / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: А. И. Скалон [и др.]. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 30 с. : рис. - Библиогр.: с. 29 (5 назв.). - Б. ц. - Текст : непосредственный.	5
Библиотека ГУАП	Расчет и проектирование механизмов приборов : методические указания к выполнению курсового проекта / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. А. И. Скалон [и др.]. - СПб. : Изд-во	193

	ГУАП, 2016. - 78 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 78 (9 назв.). - Б. ц. - Текст : непосредственный.	
Библиотека ГУАП	Проектирование мехатронных модулей механических систем : учебное пособие : в 3 ч. ч. 3. Основы проектирования и расчета деталей, узлов и механизмов машин и приборов / Д. Ю. Ершов, И. Н. Лукьяненко, Е. Э. Аман ; ред. А. О. Смирнов ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт- Петербург : Изд-во ГУАП, 2023. - 73 с. : рис. - Библиогр.: с. 72 (5 назв.). - ISBN 978-5-8088-1623-7 : Б. ц. - Текст : непосредственный.	5
Библиотека ГУАП	Проектирование мехатронных модулей механических систем : учебное пособие : в 3 ч. ч. 2. Теоретические основы расчета на прочность и жесткость машин и механизмов / Д. Ю. Ершов, И. Н. Лукьяненко, Е. Э. Аман ; ред. А. О. Смирнов ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт- Петербург : Изд-во ГУАП, 2021. - 73 с. : рис. - Библиогр.: с. 72 (5 назв.). - ISBN 978-5-8088-1623-7 : Б. ц. - Текст : непосредственный.	5

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»
https://lms.guap.ru	Онлайн-курс по дисциплине размещен системе дистанционного обучения ГУАП

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Аудитория для проведения занятий лекционного типа - оснащена специализированной (учебной) мебелью; техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (в том числе, возможность доступа в ЭИОС ГУАП через точку доступа WiFi); переносным набором демонстрационного оборудования	Фонд лекционных аудиторий ГУАП
2	Аудитория для проведения лабораторных работ - оснащено лабораторным оборудованием, специализированной мебелью, техническими средствами обучения (в том числе, возможность доступа в ЭИОС ГУАП по локальной вычислительной сети). Специализированная мебель; комплект типовых плакатов по технической механике (10 шт.); ПЭВМ – 1 шт.; установка для определения главных напряжений; установка для определения модуля сдвига при кручении; машина для испытаний на усталость МУИ-6000; установка для определения момента трения в подшипниках качения (ДМ-28М); разрывная машина (ИМ-4Р); маятниковый копер (КМ-05); демонстрационное оборудование	11-05 (ул. Гастелло, д.15)
	Аудитория для проведения лабораторных работ - оснащено лабораторным оборудованием,	12-06 (ул. Гастелло, д.15)

	специализированной мебелью, техническими средствами обучения (в том числе, возможность доступа в ЭИОС ГУАП по локальной вычислительной сети). Специализированная мебель; ПЭВМ – 3 шт.; МФУ – 1 шт.; комплекс автоматизированный лабораторный «Детали машин – передачи редукторные», комплекс автоматизированный лабораторный «Детали машин – передачи ременные» (модульный); стенд учебный «Планетарный редуктор с электроприводом»; лабораторная установка ТММ-33	
3	Помещение для самостоятельной работы - оснащено специализированной (учебной) мебелью; компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (ПЭВМ - 14 шт., объединенных в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет)	24-12 (ул. Гастелло, д.15)
4	Аудитория для проведения занятий семинарского типа (в том числе практических занятий), для текущего контроля и промежуточной аттестации, для проведения групповых индивидуальных консультаций, помещение для воспитательной работы – оснащена специализированной (учебной) мебелью; техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (в том числе, возможность доступа в ЭИОС ГУАП через точку доступа WiFi или по локальной вычислительной сети).	14-15 (ул. Гастелло 15)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты*; Тесты.

Примечание: *экзаменационные билеты формируются на основе вопросов и задач таблицы 15.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
--------------------	---

5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Сформулируйте и запишите формулу Чебышева. Определите степень подвижности плоского механизма манипулятора.	УК-2.3.1
2	Что такое передаточное отношение механизма? Запишите формулу для рядовой зубчатой передачи.	
3	Что такое степень подвижности механизма? Как определить число избыточных связей?	
4	Опишите алгоритм кинематического расчёта одноступенчатого цилиндрического редуктора (подбор чисел зубьев).	
5	Запишите формулу Виллиса для планетарного механизма. Поясните, как определить частоту вращения водила.	

6	Какие требования ЕСКД предъявляются к оформлению сборочного чертежа зубчатого редуктора? (спецификация, номера позиций, разрезы)	УК-2.У.1
7	Как обозначается на чертеже шпоночный паз на валу? Какие размеры обязательно указываются (ГОСТ 23360)?	
8	Что такое спецификация? Какие разделы она содержит? Приведите пример позиции в спецификации.	
9	Какой ГОСТ регламентирует правила выполнения чертежей зубчатых колёс? Какие параметры зубчатого венца указываются на чертеже?	
10	Опишите правила оформления рабочего чертежа вала (ГОСТ 2.403-75). Какие размеры, допуски и шероховатость наносятся?	
11	Опишите порядок кинематического расчёта двухступенчатого цилиндрического редуктора (разбивка передаточного отношения по ступеням).	УК-2.У.3
12	Как определяется эквивалентная динамическая нагрузка на радиально-упорный подшипник качения при совместном действии радиальной и осевой сил?	
13	Какие параметры проверяются при расчёте шпоночного соединения на прочность? Запишите условия прочности на смятие и срез.	
14	Опишите методику проверочного расчёта цилиндрической зубчатой передачи на контактную прочность (формула Герца).	
15	Опишите методику расчёта вала на статическую прочность (по эквивалентному моменту).	
16	Сформулируйте и запишите закон Гука при растяжении/сжатии. Поясните физический смысл модуля упругости E .	УК-2.В.2
17	Запишите закон Гука при сдвиге ($\tau = G \cdot \gamma$). Поясните физический смысл модуля сдвига G . Как связаны E , G и коэффициент Пуассона μ ?	
18	Запишите условие прочности при кручении круглого вала. Как определяется полярный момент сопротивления для сплошного и полого сечения?	
19	Запишите условие прочности при изгибе для балки. Что такое момент сопротивления сечения при изгибе W_x ?	
20	Сформулируйте III теорию прочности (наибольших касательных напряжений). Запишите формулу эквивалентного напряжения для плоского напряжённого состояния.	
21	Как учитывается концентрация напряжений (галтели, шпоночные пазы, отверстия) при расчёте вала на усталостную прочность?	ОПК-1.В.1
22	Что такое предел выносливости материала? Как он определяется экспериментально? Постройте кривую усталости (Вёлера).	
23	Как влияет термообработка (закалка, цементация, улучшение) на механические свойства стали (твёрдость, предел прочности, предел выносливости)?	
24	Какие механические характеристики материала определяются из диаграммы растяжения малоуглеродистой стали (σ_T , σ_B , δ , ψ)? Поясните, что означает каждая характеристика.	
25	Как зависит допускаемое контактное напряжение $[\sigma_H]$ от твёрдости поверхности зубьев? Запишите эмпирические формулы для сталей с твёрдостью $H \leq 350 \text{ HB}$ и $H \geq 45 \text{ HRC}$.	

26	Какие типы редукторов применяются в промышленных роботах? (планетарные, волновые, червячные)	ОПК-9.3.1
27	Что такое волновой (гармонический) редуктор? Каков принцип его работы и передаточное отношение?	
28	Какое оборудование используется для сборки редукторов промышленных роботов?	
29	Назначение и принцип действия шарико-винтовой передачи (ШВП) в робототехнике.	
30	Какие направляющие качения применяются в линейных модулях роботов?	
31	Опишите последовательность испытаний редуктора робота на нагрузочную способность.	ОПК-9.У.1
32	Как планируются испытания линейного модуля робота на точность позиционирования?	
33	Методика испытаний схвата робота на удерживающую способность.	
34	Как планируются ресурсные испытания редуктора робота?	
35	Опишите порядок испытаний манипулятора на жёсткость под нагрузкой.	
36	Опишите порядок внедрения нового планетарного редуктора в серийного робота.	ОПК-9.В.1
37	Какие технологические процессы используются при производстве шарико-винтовых передач (ШВП)?	
38	Опишите порядок освоения нового типа направляющих качения в производстве роботов.	
39	Как внедряется новый материал (например, полимерный композит) в звенья манипулятора?	
40	Опишите процесс освоения нового сборочного оборудования для редукторов роботов.	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Формула Чебышева для определения степени подвижности плоского механизма имеет вид:	УК-2.3.1

	<p>A) $W = 3n - 2p_1 - p_2$ B) $W = n - p_1 - p_2$ C) $W = 3n - p_1 - 2p_2$ D) $W = 6n - 5p_1 - 4p_2$</p>	
2	<p>Передаточное отношение рядовой зубчатой передачи определяется как: A) $i = z_2 / z_1$ B) $i = z_1 / z_2$ C) $i = d_2 / d_1$ D) $i = \omega_1 / \omega_2$</p>	
3	<p>Установите соответствие между типом деформации и формулой для расчёта напряжения: 1. Растяжение – А. $\tau = M_{кр} \cdot \rho / I_p$ 2. Кручение – Б. $\sigma = M \cdot y / I_x$ 3. Изгиб – В. $\sigma = N / A$ Ответ: 1–В, 2–А, 3–Б</p>	
4	<p>Расположите в правильной последовательности этапы проверочного расчёта зубчатой передачи на контактную прочность: 1. Определение расчётного контактного напряжения σ_H 2. Выбор допускаемого контактного напряжения $[\sigma_H]$ 3. Сравнение $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ 4. Расчёт геометрических параметров передачи (d_w, b_w) Ответ: 4 → 2 → 1 → 3</p>	
5	<p>Запишите условие прочности при кручении для круглого вала (в буквенном обозначении). Ответ: $\tau_{max} \leq [\tau]$ или $\tau = M_{кр} / W_p \leq [\tau]$</p>	
6	<p>Какое из перечисленных соединений относится к разъёмным? A) Сварное В) Резьбовое C) Заклёпочное D) Клеевое</p>	УК-2.У.1
7	<p>Какие параметры необходимо определить при кинематическом расчёте редуктора? (выберите все верные) A) Передаточное число i B) Частоты вращения валов n_i C) Крутящие моменты на валах T_i D) Материал зубчатых колёс</p>	
8	<p>Инженеру поставлена цель: «Обеспечить прочность стальной балки при изгибе». Установите соответствие между конкретными инженерными задачами (левый столбец) и причинами, почему эта задача необходима для достижения цели (правый столбец). К каждой позиции из левого столбца подберите соответствующую позицию из правого столбца. А. Определить максимальный изгибающий момент M_{max} 1. Чтобы оценить жёсткость конструкции (прогиб) Б. Вычислить момент сопротивления сечения W 2. Чтобы рассчитать допускаемое напряжение материала В. Определить прогиб балки y_{max} 3. Чтобы найти опасное сечение и величину нагрузки Г. Назначить коэффициент запаса прочности n 4. Чтобы преобразовать геометрию сечения в механическую характеристику</p>	

	Ответ: А-3, Б-4, В-1, Г-2	
9	<p>Расположите в правильной последовательности этапы расчёта вала на статическую прочность:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построение эпюры изгибающих моментов М 2. Построение эпюры крутящих моментов Т 3. Определение опасного сечения 4. Расчёт эквивалентного напряжения и проверка прочности <p>Ответ: 1 → 2 → 3 → 4</p>	
10	<p>Напишите формулу для расчётной динамической грузоподъёмности подшипника качения (для ресурса L_{10}).</p> <p>Ответ: $C = P L_{10}^{1/p}$</p>	
11	<p>Какой тип подшипника оптимален для восприятия только радиальной нагрузки при высокой частоте вращения?</p> <p>А) Шариковый радиальный Б) Роликовый конический В) Шариковый упорный Г) Роликовый сферический</p>	УК-2.У.3
12	<p>Альтернативными способами уравнивания вращающихся масс являются: (выберите все верные)</p> <p>А) Установка противовесов Б) Высверливание материала В) Динамическая балансировка на станке Г) Увеличение частоты вращения</p>	
13	<p>Установите соответствие между типом муфты и её свойством:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Упругая муфта (МУВП) – А. Компенсирует несоосность валов 2. Зубчатая муфта – Б. Гасит колебания и смягчает удары 3. Жёсткая компенсирующая – В. Допускает радиальное и угловое смещение <p>Ответ: 1–Б, 2–В, 3–А</p>	
14	<p>Расположите в порядке возрастания КПД механические передачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Червячная 2. Цилиндрическая зубчатая 3. Ремённая 4. Цепная <p>Ответ: 1 → 3 → 4 → 2</p>	
15	<p>Предложите два альтернативных способа увеличения жёсткости балки при изгибе (без изменения материала).</p> <p>Ответ: 1) <i>Увеличить высоту сечения;</i> 2) <i>Перейти на двутавровый профиль</i></p>	
16	<p>Эквивалентное напряжение по III теории прочности для плоского напряжённого состояния (σ_x, τ_{xy}) рассчитывается по формуле:</p> <p>А) $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{(\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)}$ Б) $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{(\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2)}$ В) $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{(\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)}$ Г) $\sigma_{\text{экв}} = \sigma_x + 2\tau_{xy}$</p>	УК-2.В.2
17	<p>Какие критерии следует учитывать при выборе типа ремня (плоский, клиновой, поликлиновой)? (выберите все верные)</p> <p>А) Передаваемая мощность Б) Частота вращения В) Межосевое расстояние Г) Стоимость ремня</p>	
18	Установите соответствие между видом деформации и	

	<p>характеристикой прочности материала:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Растяжение – А. Предел выносливости σ_R 2. Кручение – Б. Предел текучести σ_T 3. Усталость – В. Предел прочности τ_v (при кручении) <p>Ответ: 1–Б, 2–В, 3–А</p>	
19	<p>Расположите в правильной последовательности этапы выбора подшипника качения по динамической грузоподъёмности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расчёт эквивалентной динамической нагрузки Р 2. Выбор подшипника из каталога ($C \geq C_{тр}$) 3. Определение требуемой грузоподъёмности $C_{тр}$ 4. Задание требуемого ресурса $L_{10} h$ (часов) <p>Ответ: 4 → 1 → 3 → 2</p>	
20	<p>Опишите алгоритм выбора сечения балки из условия прочности при изгибе, если известен материал (предел текучести) и максимальный изгибающий момент.</p> <p>Ответ: 1. Определить требуемый момент сопротивления $W = M / [\sigma]$; 2. По сортаменту подобрать сечение с $W \geq$ требуемого; 3. Проверить по касательным напряжениям</p>	
21	<p>Предел выносливости материала обозначается:</p> <ol style="list-style-type: none"> А) σ_T В) σ_v С) σ_R Д) $\sigma_{0,2}$ 	ОПК-1.В.1
22	<p>Какие факторы влияют на предел выносливости материала? (выберите все верные)</p> <ol style="list-style-type: none"> А) Концентрация напряжений В) Масштабный фактор С) Качество поверхности Д) Вид термообработки 	
23	<p>Установите соответствие между термообработкой стали и достигаемой твёрдостью:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Улучшение (закалка + высокий отпуск) – А. 58–62 HRC 2. Цементация + закалка – Б. 25–35 HRC 3. Объёмная закалка – В. 45–50 HRC <p>Ответ: 1–Б, 2–А, 3–В</p>	
24	<p>Расположите в порядке возрастания предела прочности σ_v для сталей (ориентировочно):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сталь 45 (улучшенная) 2. Сталь 20Х (цементованная) 3. Сталь Ст3 4. Сталь 40Х (закалённая) <p>Ответ: 3 → 1 → 4 → 2</p>	
25	<p>Напишите формулу для коэффициента запаса прочности при усталостном расчёте вала (при симметричном цикле нагружения).</p> <p>Ответ: $n = \sigma_R / \sigma_a$ (σ_R – предел выносливости, σ_a – амплитуда напряжения)</p>	
26	<p>Что является первым этапом внедрения нового редуктора в серийного робота?</p> <ol style="list-style-type: none"> А) Закупка материалов В) Разработка технического задания (ТЗ) С) Серийное производство Д) Реклама продукции 	ОПК-9.3.1

27	<p>Какие мероприятия входят в процесс освоения нового технологического оборудования для сборки редукторов? (выберите все верные)</p> <p>А) Пусконаладка оборудования В) Обучение персонала С) Опытная сборка D) Дизайн упаковки</p>	
28	<p>Установите соответствие между этапом внедрения новой технологии и его содержанием:</p> <p>1. Разработка ТЗ – А. Испытания опытного образца 2. Прототипирование – Б. Формулирование требований 3. Валидация – В. Изготовление опытного образца Ответ: 1–Б, 2–В, 3–А</p>	
29	<p>Расположите в правильной последовательности этапы внедрения нового материала (полимерного композита) в звенья манипулятора:</p> <p>1. Проектирование звена из нового материала 2. Анализ свойств материала 3. Изготовление и испытания прототипа 4. Внедрение в серийное производство Ответ: 2 → 1 → 3 → 4</p>	
30	<p>Опишите порядок освоения нового сборочного оборудования для редукторов (один-два этапа).</p> <p>Ответ: Монтаж и пусконаладка → обучение персонала → опытная сборка → корректировка → серийное производство.</p>	
31	<p>Какой параметр является главным при испытаниях редуктора работа на нагрузочную способность?</p> <p>А) Уровень шума В) Крутящий момент на выходном валу С) Масса редуктора D) Цвет корпуса</p>	ОПК-9.У.1
32	<p>Какие параметры контролируются при испытаниях линейного модуля работа на точность позиционирования? (выберите все верные)</p> <p>А) Абсолютная погрешность позиционирования В) Повторяемость позиционирования С) Люфт направляющих D) Цвет модуля</p>	
33	<p>Установите соответствие между типом испытаний и контролируемым параметром:</p> <p>1. Ресурсные испытания редуктора – А. Жёсткость под нагрузкой 2. Испытания манипулятора на жёсткость – Б. Коэффициент полезного действия (КПД) 3. Испытания редуктора на КПД – В. Количество циклов до разрушения Ответ: 1–В, 2–А, 3–Б</p>	
34	<p>Расположите в правильной последовательности этапы испытаний нового редуктора работа:</p> <p>1. Обкатка без нагрузки 2. Нагрузочные испытания (ступенчатое увеличение момента) 3. Измерение КПД и температуры 4. Ресурсные испытания (циклическое нагружение) Ответ: 1 → 2 → 3 → 4</p>	

35	Опишите методику измерения люфта редуктора робота (одно-два предложения). Ответ: <i>Закрепить входной вал, приложить крутящий момент к выходному валу, измерить угол поворота выходного вала при реверсе.</i>	
36	Что является первым этапом внедрения нового редуктора в серийного робота? А) Закупка материалов В) Разработка технического задания (ТЗ) С) Серийное производство D) Реклама продукции	ОПК-9.В.1
37	Какие мероприятия входят в процесс освоения нового технологического оборудования для сборки редукторов? (выберите все верные) А) Пусконаладка оборудования В) Обучение персонала С) Опытная сборка D) Дизайн упаковки	
38	Установите соответствие между этапом внедрения новой технологии и его содержанием: 1. Разработка ТЗ – А. Испытания опытного образца 2. Прототипирование – Б. Формулирование требований 3. Валидация – В. Изготовление опытного образца Ответ: 1–Б, 2–В, 3–А	
39	Расположите в правильной последовательности этапы внедрения нового материала (полимерного композита) в звенья манипулятора : 1. Проектирование звена из нового материала 2. Анализ свойств материала 3. Изготовление и испытания прототипа 4. Внедрение в серийное производство Ответ: 2 → 1 → 3 → 4	
40	Какие испытания проходят редукторы роботов перед внедрением? Ответ: Нагрузочные, ресурсные, климатические, вибрационные, на точность	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- изложена в разделе 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине «Механика» проводятся в лабораториях кафедры № 1 (ауд. 11-05, 12-06). Для проведения лабораторных работ используются лабораторные установки, позволяющие выполнять экспериментальные исследования по всем основным разделам дисциплины «Механика».

Цель лабораторных работ – исследование кинематических и силовых параметров механизмов, механических характеристик материалов, изучение стандартов и нормативов,

регламентирующих механические испытания элементов конструкций, кинематическую точность, а также получение навыков обработки экспериментальных данных с использованием современных информационных технологий.

Порядок проведения лабораторной работы:

1. Вводная часть

- получение обучающимся допуска к работе (устный опрос)
- получение обучающимся задания
- сообщение преподавателем указаний к работе (описание лабораторной установки, напоминание о порядке выполнения работы и исследуемых параметрах, показ способов выполнения отдельных операций, предупреждение о возможных ошибках)

2. Основная часть

- выполнение обучающимся поставленной в ходе эксперимента задачи
- сообщение преподавателем (в случае необходимости) дополнительных указаний (повторный показ или разъяснение исполнительских действий)

3. Заключительная часть

В заключительной части студент должен продемонстрировать полученные результаты преподавателю.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

- цель лабораторной работы
- формулировка задания
- основная часть (должна содержать описание лабораторной установки, необходимые таблицы, графики, экспериментальные данные и результаты расчетов)
- вывод (описываются итоги работы, проводится анализ полученных результатов).

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе изложены в действующем стандарте ГОСТ 7.32-2001 (с учетом изменений 2019 г.) «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления», который можно найти в Интернете на сайте ГУАП http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

В ходе выполнения самостоятельной работы обучающийся изучает теоретический материал дисциплины, выполняет отчеты по лабораторным работам, размещенные в ИСО ГУАП: <http://pro.guap.ru/>, <https://lms.guap.ru/>

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой