



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Основы инжиниринга

(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	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	76
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	6
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	7
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	9
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	11
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	19
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	20

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Основы инжиниринга» 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)):

ПК-1 Способен осуществлять проектирование и конструирование изделий робототехники
Дескрипторы компетенции:

ПК-1.1 Способен выполнять схмотехнического решения и проведение расчетов изделий робототехники;

ПК-1.2 Способен осуществлять разработку рабочей проектно-конструкторской и эксплуатационной документации изделий робототехники в соответствии с требованиями нормативной документации.

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)
Профстандарт: 29.003 Специалист по проектированию детской и образовательной робототехники	ПК-1.1 Способен выполнять схмотехнического решения и проведение расчетов изделий робототехники; ПК-1.2 Способен осуществлять разработку рабочей проектно-конструкторской и эксплуатационной документации изделий робототехники в соответствии с требованиями нормативной документации.	Знает: ИД 1 ПК.1.1 Основы схмотехники изделий робототехники, современную элементную базу изделий робототехники, современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схмотехнических задач, методики построения и расчета монтажных и принципиальных схем, методики расчета электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем, основные принципы конструкции робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 2 ПК.1.2 Национальные и отраслевые стандарты, технические регламенты, правила, требования и нормы единой системы конструкторской документации, типовые конструкции и конструктивные решения изделий робототехники, принципы работы проектируемых конструкций изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6. Умеет: ИД 3 ПК.1.1 Анализировать

		принципы работы и условия эксплуатации проектируемых изделий робототехники, создавать и применять математические модели систем робототехники, использовать специализированные автоматизированные программы для выполнения кинематических и прочностных расчетов изделий робототехники, производить построение монтажных и принципиальных схем изделий робототехники, осуществлять расчет электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем изделий робототехники, использовать системы автоматизированного проектирования, разрабатывать макеты информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 4 ПК.1.2 Проектировать робототехнические системы изделий робототехники с использованием систем автоматизированного проектирования, разрабатывать конструкцию изделия робототехники в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов, требованиями заказчика, применять современные технологии изготовления изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6. Имеет навыки: ИД 5 ПК.1.1 Анализа принципов работы и условий эксплуатации проектируемых изделий робототехники, создания и применения математических моделей систем робототехники, использования специализированных автоматизированных программ
--	--	--

		для выполнения кинематических и прочностных расчетов изделий робототехники, построения монтажных и принципиальных схем изделий робототехники, осуществления расчета электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем изделий робототехники, использования системы автоматизированного проектирования, разработки макетов информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 6ПК.1.2 Проектирования робототехнических систем изделий робототехники с использованием систем автоматизированного проектирования, разработки конструкций изделий робототехники в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов, требованиями заказчика, применения современных технологий изготовления изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6.
--	--	--

**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.	Введение в инженерную деятельность	Метрология, стандартизация и сертификация

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	Тема 1. Введение в инжиниринг и жизненный цикл изделия мехатронных систем	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Системный анализ и декомпозиция робота на функциональные подсистемы	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Параметрическое твердотельное моделирование деталей и сборок (CAD)	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Инженерный анализ конструкций и механизмов: метод конечных элементов (CAE)	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Проектирование механических передач и исполнительных механизмов робототехники	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Материаловедение в робототехнике: выбор сплавов и композитов для снижения веса	12	2	2	8	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Аддитивные технологии и прототипирование узлов роботов (FDM, SLA, SLM)	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
8	Тема 8. Основы управления инженерными проектами и экономика НИОКР	12	2	2	8	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)		+				
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в инжиниринг и жизненный цикл изделия мехатронных систем Роль инженера-конструктора в создании роботов. Понятие «инжиниринг» как процесса трансформации идеи в работающий продукт. Этапы жизненного цикла: маркетинг (поиск потребности), разработка ТЗ, эскизное проектирование, рабочее проектирование, прототипирование, испытания, серийное производство, эксплуатация и утилизация. Концепция *PLM (Product Lifecycle Management)* для робототехники.

Тема 2. Системный анализ и декомпозиция робота на функциональные подсистемы Принцип «черного ящика». Разделение сложной системы мобильного робота на уровни: исполнительный уровень (актуаторы, сенсоры), уровень управления (контроллеры, ПЛК) и информационный уровень (ПО верхнего уровня). Выявление входов/выходов и информационных связей между механической рукой, датчиками силы и системой управления.

Тема 3. Параметрическое твердотельное моделирование деталей и сборок (CAD) Интерфейс современных САПР (*КОМПАС-3D, SolidWorks, Fusion 360*). Дерево построения модели. Операции: выдавливание, вращение, скругление, фаска, оболочки. Создание сопряжений (*Mate*) при сборке шарнира манипулятора. Правила оформления чертежей по ЕСКД: виды, разрезы, допуски формы и расположения поверхностей.

Тема 4. Инженерный анализ конструкций и механизмов: метод конечных элементов (CAE) Переход от CAD-модели к расчетной сетке. Типы конечных элементов (балка, оболочка, объем). Постановка задачи: закрепления (*fixtures*) и приложения нагрузок (*forces/pressure*). Анализ статической прочности звена робота, частотный анализ (поиск собственных частот для избежания резонанса) и тепловой расчет драйвера шагового двигателя.

Тема 5. Проектирование механических передач и исполнительных механизмов робототехники Расчет передаточного отношения редукторов сервоприводов. Эвольвентное зубчатое зацепление: геометрия зуба, коэффициент перекрытия. Проектирование планетарных и волновых редукторов для обеспечения компактности. Передача «винт-гайка» (*ШВИТ*) для линейных осей станков с ЧПУ: критерии точности и КПД.

Тема 6. Материаловедение в робототехнике: выбор сплавов и композитов для снижения веса Критерии выбора материалов: удельная прочность ($\sigma_{\text{в}}/\rho$) и жесткость. Алюминиевые сплавы серии Д16 и АД31 для рам дронов. Магнелиевое литье для корпусов двигателей. Композиты (углепластик/карбон): методы укладки слоев, ориентация волокон для создания полых балок высокой жесткости мобильных платформ.

Тема 7. Аддитивные технологии и прототипирование узлов роботов (FDM, SLA, SLM) Сравнение технологий быстрого макетирования. *FDM* (печать пластиком) для корпусов электроники и оснастки. *SLA* (фотополимерная печать) для высокоточных мастер-моделей шестерней. *SLM/MJF* (металлическая печать) для создания топологически оптимизированных кронштейнов, которые невозможно выточить на станке.

Тема 8. Основы управления инженерными проектами и экономика НИОКР Методология планирования. Диаграмма Ганта (*Gantt Chart*) для разработки коллаборативного робота. Оценка трудозатрат. Себестоимость опытного образца: стоимость комплектующих, машинного времени ЧПУ и оплаты труда инженеров. Интеллектуальная собственность: патентный поиск новизны конструкции захвата и оформление заявки на полезную модель.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в инжиниринг и жизненный цикл изделия мехатронных систем
ПЗ 2	Тема 2. Системный анализ и декомпозиция робота на функциональные подсистемы
ПЗ 3, 4	Тема 3. Параметрическое твердотельное моделирование деталей и сборок (CAD)
ПЗ 5	Тема 4. Инженерный анализ конструкций и механизмов: метод конечных элементов (CAE)
ПЗ 6, 7	Тема 5. Проектирование механических передач и исполнительных механизмов робототехники
ПЗ 8	Тема 6. Материаловедение в робототехнике: выбор сплавов и композитов для снижения веса

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	Тема 1. Введение в инжиниринг и жизненный цикл изделия мехатронных систем	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Системный анализ и декомпозиция робота на функциональные подсистемы	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Параметрическое твердотельное моделирование деталей и сборок (CAD)	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Инженерный анализ конструкций и механизмов: метод конечных элементов (CAE)	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Проектирование механических передач и исполнительных механизмов робототехники	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Материаловедение в робототехнике: выбор сплавов и композитов для снижения веса	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Аддитивные технологии и прототипирование узлов роботов (FDM, SLA, SLM)	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Основы управления инженерными проектами и экономика НИОКР	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	Тема 1. Введение в инжиниринг и жизненный цикл изделия мехатронных систем	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Системный анализ и декомпозиция работа на функциональные подсистемы	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Параметрическое твердотельное моделирование деталей и сборок (CAD)	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Инженерный анализ конструкций и механизмов: метод конечных элементов (CAE)	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Проектирование механических передач и исполнительных механизмов робототехники	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Материаловедение в робототехнике: выбор сплавов и композитов для снижения веса	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Аддитивные технологии и прототипирование узлов роботов (FDM, SLA, SLM)	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Основы управления инженерными проектами и экономика НИОКР	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Топологическая оптимизация кронштейнов мобильной роботизированной платформы: переход от традиционной фрезеровки к селективному лазерному плавлению (*SLM*) титановых сплавов.
2. Сравнительный анализ кинематических схем промышленных манипуляторов (антропоморфная рука против SCARA-робота) с точки зрения рабочей зоны и грузоподъемности при одинаковой массе конструкции.
3. Применение бионических принципов в проектировании захватных устройств: реализация адаптивного схвата без использования внешних датчиков силы на основе переменной жесткости материалов.
4. Проектирование волновой зубчатой передачи для сервопривода коллаборативного робота: расчет генератора волн, гибкого кольца и профиля зубьев для обеспечения нулевого люфта.
5. Разработка системы пассивной виброизоляции точных измерительных головок координатно-измерительных машин: использование маятниковых или квазинулевых механизмов.
6. Моделирование тепловых процессов в бесщеточном двигателе (*BLDC*) высокой удельной мощности: методы отвода тепла от обмоток статора через корпус из сплава алюминия с алмазным напылением.
7. Организация сквозного цикла проектирования (*CAD-CAM-CAE*) детали шасси дрона: от твердотельной модели до генерации управляющей программы (*G-code*) для 5-осевой обработки композита.
8. Использование полимеров с интегрированными датчиками деформации (*Structural Health Monitoring*) для мониторинга усталостных повреждений лучей беспилотников в реальном времени.
9. Методология проведения *FMEA* (анализа видов и последствий потенциальных отказов) для гидравлического привода рулевого управления тяжелого автономного транспортного средства.
10. Особенности конструирования герметичных корпусов электроники для подводных аппаратов (*ROV*): расчет толщины стенок под гидростатическим давлением и выбор эластомеров для уплотнений.

11. Проектирование прецизионных линейных направляющих без использования шариковинтовых передач: альтернативные решения на базе магнитной левитации (*Maglev*) или воздушных подшипников.

12. Эволюция интерфейсов крепления инструмента (*HSK, Capto, KM*) в высокоскоростной обработке: влияние жесткости стыка на качество поверхности деталей аэрокосмической отрасли.

13. Разработка стенда для динамических испытаний амортизаторов мобильных роботов: проектирование мехатронного нагружающего модуля, имитирующего профиль бездорожья.

14. Инжиниринг легких многоматериальных конструкций: технология совместной печати металлом и керамикой (*Directed Energy Deposition*) для создания охлаждаемых лопаток турбин.

15. Нормативное обеспечение процесса реверс-инжиниринга устаревших узлов станков с ЧПУ: создание точной параметрической 3D-модели по результатам 3D-сканирования облака точек для последующего воспроизведения.

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	Тема 1. Введение в инжиниринг и жизненный цикл изделия мехатронных систем	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Системный анализ и декомпозиция робота на функциональные подсистемы	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Параметрическое твердотельное моделирование деталей и сборок (CAD)	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Инженерный анализ конструкций и механизмов: метод конечных элементов (CAE)	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Проектирование механических передач и исполнительных механизмов робототехники	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Материаловедение в робототехнике: выбор сплавов и композитов для снижения веса	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Аддитивные технологии и прототипирование узлов роботов (FDM, SLA, SLM)	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2

8	Тема 8. Основы управления инженерными проектами и экономика НИОКР	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.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. **Анализ технического задания (ТЗ).** Вам предоставлен фрагмент ТЗ на разработку «Манипулятора для сортировки коробок». Найдите в тексте 5 неопределенностей или противоречий (например, неуказанный температурный диапазон работы, конфликт между требуемой скоростью и точностью), которые сделают выполнение проекта невозможным без уточняющих вопросов заказчику.

2. **Функциональная декомпозиция.** Составьте иерархическую структуру (дерево функций) для мобильного робота-курьера. Разбейте систему на уровни: Робот -> Подсистемы (Локомоция, Навигация, Связь, Захват) -> Элементы (Моторы, Lidar, Аккумулятор).

3. **Эскизирование от руки.** Выполните технический эскиз кронштейна крепления камеры к раме квадрокоптера вид спереди/сбоку в трех проекциях с соблюдением пропорций. Нанесите необходимые габаритные размеры и обозначьте базовые плоскости.

4. **Параметрическое моделирование (CAD).** В САПР создайте параметрическую модель зубчатого колеса. Настройте зависимости так, чтобы при изменении модуля m и числа зубьев z автоматически перестраивались диаметр вершин, ширина венца и толщина ступицы.

5. **Сборка узла в CAD.** Соберите виртуальную модель подшипникового узла: вал, два радиальных шарикоподшипника, корпус и стопорное кольцо. Наложите сопряжения («Концентричность», «Совпадение», «Касание») так, чтобы обеспечить вращение вала внутри корпуса.

6. **Расчет размерной цепи (Метод равных допусков).** Рассчитайте номинальные размеры и предельные отклонения составляющих звеньев ($A_1, A_2 \dots A_1, A_2 \dots$) замыкающего размера зазора $A_{\Sigma} = 0.5 + 0.2 A_{\Sigma}$ $\Sigma = 0.5^{+0.2}$ $A_{\Sigma} = 0.5 + 0.2$ мм, если цепь состоит из 5 увеличивающих звеньев по 20 мм каждое.

7. ***Конечно-элементный анализ (CAE).** Постройте сетку и проведите статический расчет консольной балки (материал — Д16Т) под действием силы 500 Н на конце. Определите коэффициент запаса прочности по пределу текучести и найдите опасное сечение.

8. ***Моделирование кинематики.** Используя модуль многозвенной динамики (*Multibody Dynamics*) в среде MATLAB Simscape или ADAMS, постройте модель двухзвенного плоского манипулятора. Снимите график изменения крутящего момента на первом суставе при движении по заданной траектории.

9. ***Проектирование передачи.** Для привода конвейера выберите тип редуктора (червячный, цилиндрический или планетарный) исходя из условий: требуется самоторможение, компактность и передаточное число $i=40$. Обоснуйте выбор письменно.

10. ***Материаловедение.** Вам нужно изготовить легкую рукоять для инструмента, работающего при температуре -50°C . Из предложенных образцов (Сталь 3,

Дюралюминий Д16, Капролон, Стеклопластик) выберите оптимальный, аргументируя свой выбор таблицей свойств (плотность, ударная вязкость, ТКЛР).

11. **Разработка технологии изготовления.* Напишите маршрутную карту механической обработки детали «Вал» из заготовки Ø40 мм (сталь 45): перечень операций (токарная, фрезерная, шлифовальная), необходимый инструмент и контрольные точки размеров.

12. **Аддитивные технологии.* Подготовьте деталь сложной геометрии (например, импеллер турбины) к печати на фотополимерном (SLA) принтере. Расположите ее под углом 45 градусов, добавьте древовидные поддержки (*tree supports*) и оцените объем расходуемой смолы.

13. **Инженерный экономический расчет.* Оцените стоимость разработки прототипа датчика давления. Учтите ФОТ инженеров (3 человека × 2 месяца), стоимость закупки компонентов (ВОМ), аренду оборудования ЧПУ и накладные расходы (20%).

14. **Планирование эксперимента.* Разработайте матрицу планирования полнофакторного эксперимента $2^{32 \times 323}$ для оптимизации параметров 3D-печати (температура сопла, скорость печати, % заполнения) с целью достижения максимальной разрывной прочности образца.

15. **FMEA (Анализ видов и последствий отказов).* Заполните таблицу FMEA для электрического чайника. Выявите потенциальный отказ (например, «не отключается при кипении»), причину (залипание биметаллической пластины), последствия (возгорание) и предложите меру контроля (дублирующий термopедохранитель).

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. Эволюция инженерной методологии: переход от эмпирического конструирования к системному анализу и цифровому инжинирингу (*Digital Engineering*) в российском машиностроении.

2. Применение методов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) для разрешения физических противоречий при проектировании облегченных конструкций беспилотных летательных аппаратов.

3. Топологическая оптимизация как стандарт современного проектирования: сравнительный анализ алгоритмов (SIMP, BESO) на примере создания кронштейнов подвески гоночных автомобилей.

4. Биомиметика в инжиниринге: принципы построения роботизированных манипуляторов на основе анатомии хобота слона или щупалец осьминога для работы в стесненных условиях.

5. Цифровые двойники (*Digital Twins*) промышленных агрегатов: технология создания виртуальной копии газотурбинного двигателя для предиктивного обслуживания и прогнозирования ресурса.

6. Аддитивные технологии металлообработки (*SLM/DMLS*): влияние стратегии штриховки лазера на формирование остаточных напряжений и анизотропию механических свойств изделий из жаропрочных сплавов.

7. Инжиниринг материалов с программируемой жесткостью (*Variable Stiffness Materials*): применение в адаптивных захватах роботов-манипуляторов для хрупких объектов.

8. Проектирование волнового зубчатого зацепления: математическое моделирование деформации гибкого колеса и расчет концентрации напряжений у основания зуба.

9. Концепция «Индустрия 4.0» и цифровой паспорт изделия: сквозная прослеживаемость жизненного цикла детали мехатронного модуля от закупки сырья до утилизации через блокчейн-технологии.

10. Реверс-инжиниринг в промышленности: методика оцифровки сложных поверхностей лопаток турбин с помощью лазерного сканирования и восстановления параметрической CAD-модели.

11. Методология проведения испытаний на надежность (*HALT/HASS-тестирование*) высокотехнологичной электроники: выявление конструктивных слабых мест за счет экстремальных температурных циклов и вибраций.

12. Экономика инжинирингового стартапа: оценка стоимости НИОКР, управление интеллектуальной собственностью и стратегия вывода инновационного продукта на B2B-рынок.
13. Системная инженерия (*Systems Engineering*) применительно к разработке марсоходов: управление требованиями в условиях неопределенности и радиационной деградации компонентов.
14. Эргономический инжиниринг рабочих мест операторов пультов управления АЭС: минимизация когнитивной нагрузки и предотвращение человеческих ошибок с помощью стандартов ISO 11064.
15. Этические дилеммы инженера-конструктора: проблема распределения ответственности при проектировании систем искусственного интеллекта для автономных транспортных средств (проблема вагонетки в техническом исполнении).

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Сущность и содержание инженерной деятельности. Основные этапы жизненного цикла изделия (ЖЦИ) в соответствии со стандартами системной инженерии.
2. Понятие системы и системного подхода. Декомпозиция сложных технических объектов: дерево функций и структура мехатронного модуля.
3. Основы теории решения изобретательских задач (ТРИЗ): техническое противоречие, физическое противоречие и способы их разрешения.
4. Алгоритм функционально-стоимостного анализа (ФСА). Поиск зон избыточных затрат при проектировании серийного изделия.
5. Роль стандартов ЕСКД в обеспечении взаимозаменяемости. Правила оформления основных надписей, спецификаций и сборочных чертежей.
6. Методы проецирования. Типы линий на машиностроительном чертеже согласно ГОСТ 2.303. Построение простых и сложных разрезов.
7. Параметрическое моделирование в CAD-системах. Дерево построения модели и его роль при внесении изменений в конструкцию.
8. Принципы создания сборок в САПР. Наложение сопряжений (*Mates*) и проверка кинематики подвижных узлов робота.
9. Назначение CAE-систем. Классификация видов инженерного анализа: статический, частотный, тепловой и динамический.
10. Метод конечных элементов (МКЭ). Понятия узла, элемента и сетки. Граничные условия: закрепления и нагружения.
11. Критерии прочности материалов. Эквивалентное напряжение по гипотезе энергии формоизменения (Мизес) и гипотезе максимальных касательных напряжений (Треска).
12. Механические свойства конструкционных материалов: диаграмма растяжения «напряжение-деформация», предел текучести и предел прочности.
13. Теория точности механизмов. Размерные цепи: основные понятия, расчет составляющих звеньев методом равных допусков.
14. Виды посадок в соединениях деталей машин. Характеристика и примеры применения посадок с зазором, натягом и переходных.
15. Кинематика зубчатого зацепления. Основной закон зацепления. Эвольвента окружности как профиль зуба.
16. Передаточные функции типовых механических передач (ременная, цепная, волновая). КПД и потери мощности.
17. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов (CAM). Подготовка управляющей программы для станка с ЧПУ.
18. Аддитивные технологии (*FDM, SLA, SLM*): принципы работы, используемые материалы и влияние параметров печати на прочность детали.
19. Концепция «Цифровой двойник» (*Digital Twin*). Отличие от статической 3D-модели и применение для предиктивной аналитики.
20. Управление требованиями к изделию (*Requirements Management*). Техническое задание (ТЗ): обязательные разделы и правила оформления.

21. Методология планирования инженерных проектов. Диаграмма Ганта и метод критического пути (CPM).

22. Основы управления интеллектуальной собственностью. Различия между патентом на изобретение, полезную модель и промышленный образец.

23. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) проекта. Расчет себестоимости опытного образца и точки безубыточности производства.

24. Стандартизация и сертификация в инжиниринге. Национальная система РФ (ГОСТ Р) и международные стандарты качества серии ISO 9000.

25. Профессиональная этика инженера. Ответственность конструктора за безопасность эксплуатации создаваемой техники и экологическую устойчивость решений.

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 процесс создания точной параметрической 3D-модели существующего физического объекта на основе данных 3D-сканирования? а) Прямой инжиниринг; б) Реверс-инжиниринг; в) Топологическая оптимизация; г) Макетирование. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой тип посадки характеризуется гарантированным натягом, при котором размер вала всегда больше размера отверстия до сборки? а) Посадка с зазором; б) Переходная посадка; в) Посадка с натягом; г) Скользящая посадка. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В какой системе координат выполняется расчет напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов (МКЭ) для получения эквивалентных напряжений? а) Только в глобальной декартовой системе; б) В локальной системе координат каждого конечного элемента; в) Исключительно в полярной системе координат; г) В цилиндрической системе координат сборки. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что является основным результатом работы САМ-модуля САПР при подготовке производства детали? а) Набор чертежей по ЕСКД; б) Дефектная ведомость; в) Управляющая программа (G-code) для станка с ЧПУ; г) Отчет о себестоимости материалов. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое эвольвентное зубчатое колесо имеет меньшую склонность к подрезанию зуба при малом количестве зубьев без использования смещения инструмента? а) Колесо с положительным смещением ($x > 0$); б) Колесо с нулевым смещением ($x = 0$); в) Колесо с отрицательным смещением ($x < 0$); г) Корректированное колесо со смещением исходного контура. **Правильный ответ: а)**

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

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных документов относятся к графическим конструкторским документам согласно ГОСТ 2.102? а) Спецификация; б) Пояснительная записка; в) Сборочный чертеж; г) Технические условия. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие виды граничных условий необходимо задать для успешного выполнения статического прочностного расчета кронштейна манипулятора в CAE-системе? а) Плотность материала; б) Условия закрепления (Fixtures/Constraints); в) Приложенные нагрузки или давления (Loads); г) Цвет визуализации модели. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие характеристики являются определяющими для технологичности конструкции изделия? а) Сложность геометрической формы поверхностей; б) Возможность обработки стандартным инструментом; в) Минимальное количество переустановок заготовки на станке; г) Наличие логотипа производителя на корпусе. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Согласно методу анализа видов и последствий отказов (FMEA), каким показателем оценивается серьезность последствия отказа для потребителя? а) Вероятность возникновения (Occurrence); б) Значимость (Severity); в)

Вероятность обнаружения (*Detection*); г) Индекс риска (*RPN*). **Правильный ответ: б), г)** (так как *RPN* включает *Severity*).

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие аддитивные технологии позволяют изготавливать функциональные металлические детали для робототехники? а) FDM (экструзия пластика); б) SLM (селективное лазерное плавление); в) SLA (фотополимерная печать); г) DMLS (прямое лазерное спекание металла). **Правильный ответ: б), г)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов проектирования детали в среде CAD от идеи до оформления документации:

1. Создание ассоциативного рабочего чертежа с видами и разрезами;
2. Формирование объемной твердотельной 3D-модели;
3. Анализ технического задания и выбор материала;
4. Наложение геометрических связей и размеров (параметризация). **Правильный ответ: 3-2-4-1**

Укажите правильную последовательность проведения кинематического и силового анализа рычажного механизма:

1. Определение реакций в кинематических парах;
2. Составление схемы механизма в заданном положении;
3. Определение скоростей и ускорений звеньев;
4. Расчет внешней полезной нагрузки. **Правильный ответ: 2-3-4-1**

Укажите правильную последовательность подготовки управляющей программы в САМ-модуле:

1. Импорт CAD-модели заготовки и детали;
2. Выбор стратегии обработки (черновая/чистовая);
3. Генерация траектории движения инструмента (*CL-data*);
4. Постпроцессирование в код стойки ЧПУ. **Правильный ответ: 1-2-3-4**

Укажите правильную последовательность действий при проведении эксперимента на разрывной машине для построения диаграммы деформирования:

1. Установка датчика силы и экстензометра;
2. Растяжение образца до разрушения с записью данных;
3. Изготовление плоского образца с галтелями по стандарту;
4. Обработка результатов и построение графика $\sigma-\epsilon$. **Правильный ответ: 3-1-2-4**

Правильный ответ: 3-1-2-4

Укажите правильную последовательность прохождения информации в цифровом двойнике (*Digital Twin*) промышленного робота:

1. Передача телеметрии в облако (*Cloud*);
2. Физический сенсор фиксирует вибрацию привода;
3. Алгоритм предиктивной аналитики выдает предупреждение об износе;
4. Актуализация виртуальной модели реальным состоянием. **Правильный ответ: 2-1-4-3**

4-3

4. На установление соответствия (5 вопросов)

Установите соответствие между типом механического свойства и способом его определения:

А) Твердость	1) Маятниковый копер (работа разрушения)
Б) Ударная вязкость	2) Индентирование шариком или алмазом (метод Бринелля/Виккерса)
В) Предел прочности	3) Разрывная машина (максимальная нагрузка/сечение)
Г) Модуль упругости	4) Тангенс угла наклона линейного участка диаграммы растяжения

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

Установите соответствие между видом инженерного анализа (CAE) и оцениваемым параметром:

А) Статический анализ	1) Собственные частоты и формы колебаний
Б) Частотный анализ	2) Напряжения, деформации и перемещения под нагрузкой
В) Тепловой анализ	3) Температурное поле и термические напряжения
Г) Усталостный анализ	4) Ресурс (количество циклов) до появления трещины

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

Установите соответствие между этапом жизненного цикла и основным документом:

А) Проектирование	1) Руководство по эксплуатации
Б) Производство	2) Эскизный проект и 3D-модель
В) Эксплуатация	3) Маршрутная карта изготовления
Г) Утилизация	4) Паспорт отхода и акт демонтажа

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

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

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Процесс придания шероховатости поверхности деталей перед склеиванием или покраской для улучшения сцепления — это **абразивная обработка** (или нанесение риски/насечки).

Правильный ответ: абразивная обработка

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Свободное пространство между боковыми поверхностями зубьев сопряженных колес, обеспечивающее возможность их вращения — это **боковой зазор**. **Правильный ответ:** боковой зазор

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 жизненный цикл изделия — это ...

Правильный ответ: совокупность взаимосвязанных процессов установления, обеспечения и поддержания качества изделия во время исследования, проектирования, производства, испытаний, эксплуатации и утилизации.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию допуск размера — это ... **Правильный ответ:** разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами отверстия или вала; алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию кинематическая пара — это...

Правильный ответ: подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев механизма, налагающее ограничения на их относительное движение (связи).

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Перспективные механизмы в робототехнике : монография / под ред. В. А. Глазунова, С. В. Хейло. — Москва : Техносфера, 2025. — 214 с. — ISBN 978-5-94836-738-5. Кангин, В. В. Контроллеры Arduino в мобильных роботах и дронах / В. В. Кангин, Е. М. Кангин. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 324 с. — ISBN 978-5-9729-2451-6.
2. Иванов, В. К. Управление, моделирование и датчики мехатронных систем / В. К. Иванов. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 212 с. — ISBN 978-5-9729-2590-2.

7.2. Дополнительная литература

3. Вегера, Ж. Г. Основы робототехники : учебное пособие / Ж. Г. Вегера, В. В. Слепцов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 109 с. — ISBN 978-5-7339-2533-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/498023> (дата обращения: 11.06.2026).
4. Антошина, Е. А. Конструирование промышленных роботов : учебно-методическое пособие / Е. А. Антошина. — Ковров : КГТА, 2025. — 64 с. — Электронный ресурс.

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
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- комплект учебно-наглядных пособий по дисциплине

Программные средства для проведения практических занятий:

- nanoCAD2025 на 20 посадочных 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 «**Основы инжиниринга**» 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

Основы инжиниринга

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Николаев Юрий Николаевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)