МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина



УТВЕРЖДАЮ

Директор
должность)
Лоцев Г.В
(ФИО)
3 сентября____2026 г.

Детали машин и основы конструирования

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта**

Учебный план Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика
Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"

Квалификация **бакалавр**
Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**
Часов по учебному плану 252
в том числе:
аудиторные занятия 104
самостоятельная работа 114

Виды контроля в семестрах:
зачет 4
экзамен 5
курсовая работа 5

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**4 (2.2)**		**5 (3.1)**		Итого	
Недель	18		17 2/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	16	16	34	34
Лабораторные	18	18			18	18
Практические	18	18	34	34	52	52
Контактная работа в период теоретического обучения			2	2	2	2
Контактная работа в период экзаменационной сессии			0,3	0,3	0,3	0,3
В том числе инт.	2	2	2	2	4	4
Итого ауд.	54	54	50	50	104	104
Контактная работа	54	54	52,3	52,3	106,3	106,3
Сам. работа	54	54	60	60	114	114
Часы на контроль			31,7	31,7	31,7	31,7
Итого	108	108	144	144	252	252

Программу составил(и):
к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич

к.т.н, Джаманкулов Азамат Кенешбекович

Рецензент(ы):
к.ф.-м.н., Комарцов Никита Михайлович

д.т.н, Муслимов Аннас Поясович

Согласовано РОП:
к.ф.-м.н., Герман Константин Анатольевич

Рабочая программа дисциплины
Детали машин и основы конструирования

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 729)

составлена на основании учебного плана:

Направление 15.03.03 - РФ, 650500 - КР Прикладная механика
Профиль "Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг"
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании **Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта**

Протокол от 02.09.2026 г. № 1
Срок действия программы: 2023-2032 уч.г.
Руководитель подразделения: Алсеитов Мирлан Тилегенович

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Детали машин и основы конструирования

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Целями освоения дисциплины «Детали машин и основы конструирования» является освоение общих методов анализа и синтеза механизмов и машин, с помощью которых исследуются кинематические и динамические характеристики конструируемого механизма. Исходя из заданных условий работы деталей и узлов машины, усвоить методы, правила и нормы их проектирования, обеспечивающие выбор наиболее рациональных для них форм, размеров, материала, степени точности, качества поверхности. Понимать те методы механики, которые рассматриваются в дополнительных вопросах, включенных в рабочую программу. Уметь прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач механики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.1.ДВ.05
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Б1.О.3.12. Аналитическая механика
2.1.2	Б1.В.1.ДВ.01.01. Использование современного программного комплекса Компас
2.1.3	Б1.О.3.08. Использование современного программного комплекса mat lab
2.1.4	Б1.О.2.07. Начертательная геометрия и инженерная графика
2.1.5	
2.1.6	Б1.О.2.03. Линейная алгебра и аналитическая геометрия
2.1.7	ФТД.01. Основы трехмерного моделирования и прототипирования
2.1.8	Б1.О.2.06. Физика
2.1.9	Б1.О.3.02. Теоретическая механика
2.1.10	Б1.О.3.03. Сопротивление материалов
2.1.11	Б1.О.3.01. Введение в профессиональную деятельность
2.1.12	Б1.О.2.02. Математический анализ
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Б1.В.1.07. Компьютерный инжиниринг
2.2.2	Б1.О.3.09. Экономика и организация производства
2.2.3	Б3.О.03. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Б1.В.1.03. Основы автоматизированного проектирования
2.2.5	Б1.О.3.06. Метрология, стандартизация и сертификация
2.2.6	Б2.О.02(Пд). Преддипломная практика
2.2.7	Б1.О.3.07. Технология машиностроения
2.2.8	Б3.О.02. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
2.2.9	Б1.В.1.04. Патентоведение

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-1: Способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследования, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	
Знать:	
Уровень 1	Физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности;
Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	Применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности;
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	физико-математический аппаратом для проведения исследований; навыками использования математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

Уровень 2	
Уровень 3	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	основные принципы и методы теории механизмов и машин, а также основы их конструирования; использовать основные законы естественнонаучных дисциплин.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	навыками для проведения инженерных расчетов; навыками оформлять проектную и конструкторскую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД с использованием современных программных комплексов «Mat Cad», «КОМПАС-ГРАФИК».

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. Анализ и синтез механизмов							
1.1	Структура механизмов и расчёт подвижности Машина, механизм, звено и кинематическая пара; переход от конструкции к кинематической схеме. Классификация плоских кинематических пар и подсчёт наложенных связей. Определение подвижности плоского механизма; предпосылки применения структурной формулы. Группы Ассура и последовательность структурного разложения рычажного механизма. Выявление избыточных связей и местных подвижностей на примере приводного механизма. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.2	Структурный анализ плоского механизма /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

1.3	Кинематический анализ рычажных механизмов Уравнения замыкания векторного контура кривошипно-ползунного и четырёхзвенного механизмов. Определение положений звеньев и выбор физически допустимой ветви решения. Планы скоростей и ускорений; нормальные и касательные составляющие ускорения. Численный расчёт перемещений, скоростей и ускорений в течение рабочего цикла. Проверка результатов по предельным положениям, размерности и независимому аналитическому решению. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.4	Расчёт положений рычажного механизма. Построение планов скоростей и ускорений /Пр/	4	4	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1	2		Работа в команде. Мозговой штурм
1.5	Выбор схемы и кинематический синтез механизма Постановка задачи синтеза по заданным положениям выходного звена и ограничениям габаритов. Геометрический синтез кривошипно-ползунного механизма по ходу ползуна. Условия существования кривошипа в четырёхзвеннике; интерпретация условия Грасгофа. Угол передачи и оценка неблагоприятных положений рычажного механизма. Параметрический подбор длин звеньев и проверка непрерывности движения средствами вычислительного пакета. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.6	Кинематический синтез по ходу выходного звена. /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

1.7	Силовой анализ рычажных механизмов Внешние нагрузки, веса звеньев и реакции кинематических пар в расчётной схеме. Определение сил и моментов сил инерции по результатам кинематического анализа. Принцип Даламбера и уравнения кинетостатического равновесия звена и структурной группы. Последовательность определения реакций и уравновешивающего момента на входном звене. Проверка силового расчёта по равновесию и мгновенному балансу мощности. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.8	Определение сил инерции и реакций в парах /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.9	Динамика машинного агрегата и неравномерность движения Приведение сил и масс к выбранному звену на основе равенства мощности и кинетической энергии. Уравнение движения машинного агрегата и энергетический баланс рабочего цикла. Построение диаграмм моментов и работ движущих сил и сил сопротивления. Коэффициент неравномерности вращения и оценка требуемого момента инерции маховика. Неуравновешенность вращающейся массы и принцип статического уравновешивания ротора. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.10	Динамический расчёт машинного агрегата /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
1.11	Составление структурной схемы механизма и обоснование его подвижности . Проверка результатов кинематического расчёта в вычислительном пакете . Сравнение двух вариантов длин звеньев по ходу и углу передачи . Проверка силового расчёта механизма балансом мощности . Построение диаграммы избыточной работы и оценка маховика . Сравнение материалов и критериев работоспособности выбранной детали /Ср/	4	36	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
	Раздел 2. Проектирование деталей и механические передачи							

2.1	Критерии работоспособности и расчётная модель детали Проектировочный и проверочный расчёт; исходные требования к приводу и его деталям. Прочность, жёсткость, износостойкость, теплостойкость и виброустойчивость как разные критерии выбора конструкции. Статические и переменные нагрузки; концентрация напряжений и причины усталостного разрушения. Выбор материала, термической обработки и коэффициента запаса с учётом условий эксплуатации. Расчётная схема детали и простейшая конечно-элементная проверка: нагрузки, закрепления, сходимость и сопоставление с формулой. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.2	Выбор расчётной схемы и критериев работоспособности детали /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.3	Геометрия и кинематика цилиндрических зубчатых передач Эвольвентное зацепление, основной закон зацепления и передаточное отношение. Модуль, число зубьев, делительные диаметры и межосевое расстояние прямозубой передачи. Подрезание зубьев и назначение смещения исходного контура на качественном уровне. Косозубые передачи: нормальный и торцовый модули, угол наклона зубьев и осевая сила. Определение окружной, радиальной и осевой составляющих нагрузки по передаваемому моменту. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.4	Геометрический и силовой расчёт цилиндрической передачи /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

2.5	Прочность и эксплуатация цилиндрических зубчатых передач Усталостное выкрашивание, поломка зуба, износ и заедание; связь повреждения с расчётным критерием. Материалы и термообработка шестерни и колеса; влияние твёрдости на несущую способность. Структура расчёта контактной прочности и смысл коэффициентов нагрузки. Проверка изгибной прочности зуба и согласование размеров передачи по двум критериям. Влияние точности, ширины венца и смазывания на работоспособность закрытой передачи. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.6	Проверка прочности цилиндрической передачи /Пр/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.7	Конические и червячные передачи Кинематические схемы конической и червячной передач и выбор по расположению осей валов. Делительные конусы конической передачи; качественная оценка сил и опорных реакций. Число заходов червяка, число зубьев колеса, передаточное отношение и угол подъёма витка. Скольжение в червячном зацеплении, сочетание материалов и условия самоторможения. Последовательность проверок прочности и теплового баланса червячного редуктора; связь КПД и отвода тепла. /Лек/	4	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.8	Выбор конической или червячной передачи по условиям привода /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

2.9	Фрикционные и ременные передачи Передача усилия трением: сила прижатия, коэффициент трения и ограничение по буксованию. Плоские, клиновые и зубчатые ремни: механизм передачи нагрузки и области применения. Тяговое усилие, натяжения ветвей, упругое скольжение и нагрузка на валы. Выбор диаметров шкивов, межосевого расстояния и длины ремня. Подбор ременной передачи по каталогу с учётом режима работы и требований к натяжению. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.10	Расчёт КПД и теплового баланса червячного редуктора /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.11	Цепные и многозвенные зубчатые передачи Роликовая цепь, звёздочки, шаг и число зубьев; определение скорости цепи. Полигональный эффект, динамические нагрузки и причины ограничения скорости цепного привода. Выбор шага, числа звеньев и смазки цепи по режиму эксплуатации. Схема простой планетарной передачи и определение передаточного отношения методом обращения движения. Принцип волновой передачи, гибкое колесо и генератор волн; сравнение по компактности, люфту и ограничениям ресурса. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.12	Расчёт фрикционной передачи по условию отсутствия буксования /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.13	Подбор ременной передачи по каталогу /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1	2		Работа с технической документацией
2.14	Геометрический расчёт цепной передачи /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.15	Кинематический расчёт простой планетарной передачи /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
2.16	Энергокинематический расчёт проектируемого привода /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

2.17	Параметрическое исследование геометрии цилиндрического зацепления . Сопоставление контактной и изгибной проверок зубчатой пары . Сравнение конического и червячного вариантов передачи . /Ср/	4	18		Л1.1Л2.2Л3.1			
	Раздел 3. Валы опоры и соединения							
3.1	Расчёт и конструирование валов и осей Различие вала и оси; компоновка ступеней и назначение посадочных поверхностей. Расчётная схема, реакции опор и эпюры изгибающих и крутящих моментов. Предварительный выбор диаметра и проверка статической прочности при совместном изгибе и кручении. Усталостная прочность ступенчатого вала: цикл напряжений, галтели, пазы и посадки. Оценка прогиба и углов поворота; сопоставление балочной и конечно-элементной моделей. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2			
3.2	Определение реакций опор и построение эпюр моментов вала . Расчёт диаметра вала по статической прочности . Проверка вала на выносливость и жёсткость . /Пр/	5	6	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.3	Выбор подшипников качения и компоновка опор Радиальные, радиально-упорные и упорные подшипники; воспринимаемые нагрузки. Фиксирующая и плавающая опоры; компенсация температурного удлинения вала. Эквивалентная динамическая нагрузка и исходные данные для расчёта базового ресурса L10. Проверка по статической грузоподъёмности; влияние скорости, смазки и загрязнения на выбор опоры. Чтение каталожной карточки подшипника и различие расчётной долговечности и фактического срока службы. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.4	Выбор подшипников качения по ресурсу и нагрузке . Компоновка фиксирующей и плавающей опор. /Пр/	5	4	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

3.5	Подшипники скольжения смазывание и уплотнения Конструкция подшипника скольжения, материалы вкладышей и области использования. Граничное, смешанное и жидкостное трение; образование несущего масляного слоя. Учебная проверка по среднему давлению и произведению pv; границы применимости такого расчёта. Смазочные материалы, подача масла и тепловой режим подшипникового узла. Контактные и бесконтактные уплотнения; влияние загрязнения и утечки на работоспособность опоры. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.6	Проверочный расчёт подшипника скольжения и выбор уплотнения /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.7	Разъёмные и неразъёмные соединения деталей Резьбовое соединение: затяжка, предварительное натяжение и распределение внешней осевой нагрузки. Срез, смятие и раскрытие стыка как расчётные случаи соединения. Шпоночные и шлицевые соединения: передача момента, центрирование и технологические ограничения. Соединение с натягом: контактное давление, передаваемое усилие и ограничения прочности деталей. Сварные соединения: расчётная схема углового шва и выбор разъёмного либо неразъёмного исполнения узла. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.8	Расчёт затянутого резьбового соединения. Расчёт шпоночного соединения и сравнение вариантов крепления колеса. /Пр/	5	4	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			

3.9	Муфты пружины и ограничение нагрузок привода Жёсткие, компенсирующие и упругие муфты; допустимые смещения валов. Выбор муфты по расчётному моменту, диаметрам валов и условиям эксплуатации. Предохранительные муфты и принцип ограничения перегрузки привода. Винтовая цилиндрическая пружина: сила, деформация, жёсткость и касательные напряжения. Влияние податливости соединительных элементов на передачу нагрузок и обслуживание привода. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.10	Подбор муфты и расчёт жёсткости пружины. /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
3.11	Сравнение ременной и фрикционной передач по нагрузке на валы . Подбор цепной передачи и анализ полигонального эффекта . Сравнение планетарной и волновой передач для компактного привода /Ср/	5	18	ПК-1	Л1.1Л2.2Л3.1			
	Раздел 4. Компьютерное конструирование машинного узла							
4.1	Посадки и параметрическая компоновка редуктора Зазор и натяг; выбор характера посадки для подшипника, колеса и муфты по условиям работы. Размерная цепь осевой сборки и обеспечение рабочего зазора либо предварительного натяга. Параметрическая модель редуктора: согласование размеров колёс, валов, опор и корпуса. Контроль пересечений, доступа к крепежу, сборки и демонтажа в CAD-модели. Согласованность расчётной записки, сборочного чертежа и спецификации; проверка исходных данных цифровой модели. /Лек/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.1Л3.1			
4.2	Выбор посадок и проверка сборки редуктора в CAD /Пр/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.1Л3.1			

4.3	Выполнение энергокинематической части курсовой работы. Разработка компоновки и расчёт валов курсовой работы. Подбор опор и обоснование посадок курсовой работы. Выбор смазки и уплотнений проектируемого узла. Расчёт соединений и выбор муфты курсовой работы. Согласование CAD-модели чертежей и расчётной записки. Систематизация расчётов и подготовка к защите курсовой работы. /Ср/	5	42	ПК-1	Л1.1Л2.1Л3.1			
4.4	Консультации и проведение экзамена /КрЭк/	5	0,3	ПК-1	Л1.1Л2.1Л3.1			
4.5	Консультация и прием курсового проекта /КрТО/	5	2	ПК-1	Л1.1Л2.1Л3.1			
	Раздел 5. Лабораторный практикум							
5.1	Идентификация звеньев и кинематических пар на модели механизма. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.2	Экспериментальное определение перемещения выходного звена. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.3	Определение скоростей звеньев по записи движения механизма. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.4	Сопоставление измеренной и расчётной кинематических характеристик. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.5	Исследование статической уравновешенности вращающегося звена. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.6	Измерение основных геометрических параметров зубчатого колеса. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.7	Построение картины эвольвентного зацепления на учебной модели. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.8	Исследование контактного пятна и бокового зазора зубчатой пары. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			
5.9	Определение передаточного отношения и КПД учебного редуктора. /Лаб/	4	2	ПК-1	Л1.1Л3.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Почему формальный подсчёт пар может дать неверную подвижность?
2. Покажите порядок выделения групп Ассура на выбранной схеме.
3. Как выбрать ветвь решения уравнений замыкания?
4. Как различаются нормальная и касательная составляющие ускорения?
5. Какие условия нужны для вращения кривошипа четырёхзвенника?
6. Как ход ползуна и угол передачи ограничивают выбор длин звеньев?
7. Как силы инерции включают в кинетостатический расчёт?
8. Как проверить реакции и входной момент по балансу мощности?
9. На каком основании приводят массы и силы к входному звену?
10. Как по диаграмме избыточной работы определить инерцию маховика?
11. Как отличить проектировочный расчёт от проверочного?

12. Почему достаточная статическая прочность не гарантирует ресурс детали?
13. Как связаны модуль, число зубьев и межосевое расстояние?
14. Откуда возникает осевая сила в косозубой передаче?
15. Почему нужны отдельные проверки зубьев по контакту и изгибу?
16. Как твёрдость и неравномерность нагрузки влияют на выбор размеров?
17. Когда целесообразен конический, а когда червячный редуктор?
18. Почему самоторможение и высокий КПД червячной передачи обычно несовместимы?
19. Как различаются механизмы передачи нагрузки клиновым и зубчатым ремнями?
20. Как натяжение ремня и сила прижатия роликов нагружают опоры?
21. Что вызывает полигональный эффект цепной передачи?
22. Как метод обращения движения используется для планетарного механизма и чем волновая передача отличается от него?
23. Как построить эпюры моментов вала в двух плоскостях?
24. Какие конструктивные элементы вала наиболее опасны при усталости?
25. Что физически означает ресурс L10?
26. Как выбирают фиксирующую и плавающую опоры?
27. Почему проверка pv не заменяет гидродинамический расчёт?
28. Как смазка и уплотнения определяют работоспособность подшипникового узла?
29. Как предварительная затяжка влияет на раскрытие резьбового стыка?
30. Как выбрать между шпонкой, шлицами, натягом и сваркой?
31. По каким параметрам выбирают компенсирующую муфту?
32. Как связаны геометрия винтовой пружины, её жёсткость и напряжения?
33. Как характер нагружения кольца подшипника влияет на выбор посадки?
34. Какие ошибки согласования расчёта и CAD-сборки нужно выявить до выпуска чертежей?

Расчётные задания

Задачи 1–4 предназначены для текущего контроля и зачёта семестра 4; задачи 5–15 — для текущего контроля и экзамена семестра 5. Задача 5 также используется для закрепления материала семестра 4. Каждое задание оценивается по 10-балльной рубрике. Разрешены непрограммируемый калькулятор и справочные данные, прямо выданные с условием; использование вычислительного пакета при текущем контроле назначается преподавателем.

Задание 1 Подвижность механизма

Плоский кривошипно-ползунный механизм включает стойку, кривошип, шатун и ползун. Имеются три вращательные и одна поступательная пары. Все пары одноподвижные, избыточных связей и местных подвижностей нет. Найдите подвижность и объясните число необходимых ведущих звеньев.

Задание 2 Кинематика кривошипно-ползунного механизма

Центральный механизм: радиус кривошипа r = 0,05 м, длина шатуна l = 0,20 м. Угол кривошипа φ = 90° отсчитывается против часовой стрелки от положительного направления оси движения ползуна. Угловая скорость ω = 20 рад/с постоянна. Ползун расположен справа от оси кривошипа. По зависимости $x = r\cos\varphi + \sqrt{(l^2 - r^2\sin^2\varphi)}$ найдите x и скорость ползуна.

Задание 3 Кинетостатика кривошипа

Кривошип радиусом 0,10 м имеет относительно оси вращения момент инерции J = 0,020 кг·м² и угловое ускорение ε = 100 рад/с². В рассматриваемый момент на конец кривошипа действует касательная сила сопротивления 150 Н. Другие моменты отсутствуют. Найдите движущий момент, используя уравнение моментов относительно оси.

Задание 4 Маховик агрегата

За установившийся цикл максимальная разность значений накопленной избыточной работы равна ΔE = 120 Дж. Средняя угловая скорость ωср = 50 рад/с, допускаемый коэффициент неравномерности δ = 0,04. Приведённый момент инерции остальных звеньев постоянен и равен 0,20 кг·м². Найдите требуемые суммарный момент инерции и момент инерции маховика; принять приближение малой неравномерности.

Задание 5 Цилиндрическая прямозубая передача

Прямозубая внешняя передача без смещения: m = 3 мм, z1 = 20, z2 = 60, α = 20°. На шестерне T1 = 100 Н·м, n1 = 900 об/мин. Потерями пренебречь. Найдите u, d1, d2, a, n2, T2 и силы Ft, Fr на шестерне.

Задание 6 Тепловой баланс червячного редуктора

На вход редуктора поступает P1 = 3,0 кВт, КПД η = 0,75. Теплоотдающая площадь A = 1,2 м², коэффициент теплоотдачи k = 15 Вт/(м²·К). Температура воздуха 25 °C, допускаемая температура масла 80 °C. Используйте стационарную сосредоточенную модель Рпот = kA(θ − θвозд). Найдите выходную мощность, потери и температуру; сделайте вывод.

Задание 7 Ременная передача и натяжения ветвей

Плоскоременная передача передаёт P = 4 кВт при скорости ремня v = 10 м/с. Для учебной модели предельное отношение натяжений T1/T2 = e^(μα) = 3. Центробежным натяжением и потерями пренебречь. Угол между направлениями сил натяжения на шкиве принять нулевым. Найдите T1, T2 и результирующую нагрузку на вал.

Задание 8 Кинематика планетарной передачи

Простая планетарная передача имеет солнечное колесо zc = 20 и неподвижное внутреннее колесо zк = 60. Ведущее солнце вращается nc = 1200 об/мин. Найдите частоту и направление вращения водила. Используйте (nc − nв)/(nк − nв) = −zк/zc.

Задание 9 Статическая прочность круглого вала

В опасном сечении сплошного круглого вала действуют результирующий изгибающий момент M = 200 Н·м и крутящий момент T = 150 Н·м. Допускаемое эквивалентное напряжение [σ] = 100 МПа. Концентрацию напряжений не учитывать. Используйте $\sigma_{экв} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$, $\sigma = 32M/(\pi d^3)$, $\tau = 16T/(\pi d^3)$. Найдите минимальный диаметр и проверьте d = 30 мм.

Задание 10 Базовая долговечность подшипника

Для радиального шарикового подшипника заданы C = 20 кН, эквивалентная постоянная динамическая нагрузка P = 2 кН, n = 1000 об/мин. Используйте L10 = (C/P)^3 в миллионах оборотов, L10h = 10^6 L10/(60n). Требуется 12000 часов. Найдите ресурс и объясните уровень надёжности результата.

Задание 11 Подшипник скольжения

Радиальная нагрузка F = 3000 Н, диаметр шейки d = 40 мм, длина вкладыша l = 40 мм, n = 600 об/мин. Для условной учебной пары заданы [p] = 3 МПа и [pv] = 2,5 МПа·м/с. Найдите p, v и pv; оцените выполнение обеих проверок.
Задание 12 Шпоночное соединение
Момент T = 120 Н·м передаётся валом диаметром d = 40 мм через шпонку шириной b = 12 мм. Рабочая высота контакта шпонки со ступицей hраб = 4 мм, эффективная длина lраб = 30 мм. Допускаемые напряжения [τ] = 60 МПа, [σсм] = 120 МПа. Найдите касательную силу, напряжения среза и смятия.
Задание 13 Затяжка и раскрытие стыка
В предварительно затянутом соединении начальная сила затяжки F0 = 10 кН, внешняя осевая растягивающая сила FA = 12 кН. Доля внешней силы, дополнительно нагружающая болт, χ = 0,25. Принять линейную модель без раскрытия до исчерпания сжатия. Определите усилие в болте, остаточную силу сжатия стыка и предельную внешнюю силу начала раскрытия.
Задание 14 Муфта и пружина
Номинальный момент привода T = 80 Н·м, коэффициент режима K = 1,5. Для двух учебных муфт заданы допускаемые моменты 100 и 160 Н·м; обе подходят по диаметрам, скорости и смещениям. Выберите муфту. Отдельно для винтовой пружины G = 80000 Н/мм², dп = 4 мм, D = 32 мм, число рабочих витков N = 8 найдите жёсткость c = Gdп^4/(8D³N) и деформацию от F = 100 Н.
Задание 15 Посадка и осевая размерная цепь
Условное отверстие имеет предельные размеры 40,000 и 40,025 мм, вал — 39,975 и 39,991 мм. Найдите минимальный и максимальный зазоры. Отдельно корпусная длина A = 100,00 ± 0,10 мм, суммарная длина устанавливаемого пакета B = 99,70 ± 0,05 мм. Для цепи S = A − B найдите предельные значения осевого зазора методом полной взаимозаменяемости.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Для дисциплины «Детали машин и основы конструирования» предлагаются следующие темы курсовых работ:
1. Проектирование привода ленточного конвейера с цилиндрическим редуктором и ременной передачей.
2. Проектирование привода цепного транспортёра с цилиндрическим редуктором и цепной передачей.
3. Проектирование червячного редуктора привода поворотного стола с проверкой прочности и теплового режима.
4. Проектирование конического редуктора привода механизма с пересекающимися осями валов.
5. Проектирование двухступенчатого цилиндрического редуктора с распределением передаточного отношения между ступенями.
6. Проектирование компактного планетарного редуктора с неподвижным внутренним зубчатым колесом.
7. Проектирование кривошипно-ползунного привода поршневого насоса с кинематическим и силовым анализом механизма.
8. Проектирование вала и подшипниковых опор приводного узла с аналитической и конечно-элементной проверкой прочности и жёсткости.
9. Проектирование винтового механизма подачи с расчётом винтовой пары, опор и соединительной муфты.
10. Проектирование привода смесителя с цилиндрическим редуктором и предохранительной муфтой.
Для каждой темы целесообразно предусмотреть расчётную записку, параметрическую CAD-модель, сборочный чертёж, спецификацию и рабочий чертёж одной детали. Индивидуальные варианты можно задавать мощностью, частотой вращения, режимом нагружения и требуемым ресурсом.

5.3. Фонд оценочных средств

1. Почему формальный подсчёт пар может дать неверную подвижность?
2. Покажите порядок выделения групп Ассура на выбранной схеме.
3. Как выбрать ветвь решения уравнений замыкания?
4. Как различаются нормальная и касательная составляющие ускорения?
5. Какие условия нужны для вращения кривошипа четырёхзвенника?
6. Как ход ползуна и угол передачи ограничивают выбор длин звеньев?
7. Как силы инерции включают в кинетостатический расчёт?
8. Как проверить реакции и входной момент по балансу мощности?
9. На каком основании приводят массы и силы к входному звену?
10. Как по диаграмме избыточной работы определить инерцию маховика?
11. Как отличить проектировочный расчёт от проверочного?
12. Почему достаточная статическая прочность не гарантирует ресурс детали?
13. Как связаны модуль, число зубьев и межосевое расстояние?
14. Откуда возникает осевая сила в косозубой передаче?
15. Почему нужны отдельные проверки зубьев по контакту и изгибу?
16. Как твёрдость и неравномерность нагрузки влияют на выбор размеров?
17. Когда целесообразен конический, а когда червячный редуктор?
18. Почему самоторможение и высокий КПД червячной передачи обычно несовместимы?
19. Как различаются механизмы передачи нагрузки клиновым и зубчатым ремнями?
20. Как натяжение ремня и сила прижатия роликов нагружают опоры?
21. Что вызывает полигональный эффект цепной передачи?
22. Как метод обращения движения используется для планетарного механизма и чем волновая передача отличается от него?
23. Как построить эпюры моментов вала в двух плоскостях?
24. Какие конструктивные элементы вала наиболее опасны при усталости?
25. Что физически означает ресурс L10?
26. Как выбирают фиксирующую и плавающую опоры?
27. Почему проверка pv не заменяет гидродинамический расчёт?
28. Как смазка и уплотнения определяют работоспособность подшипникового узла?

29. Как предварительная затяжка влияет на раскрытие резьбового стыка?
30. Как выбрать между шпонкой, шлицами, натягом и сваркой?
31. По каким параметрам выбирают компенсирующую муфту?
32. Как связаны геометрия винтовой пружины, её жёсткость и напряжения?
33. Как характер нагружения кольца подшипника влияет на выбор посадки?
34. Какие ошибки согласования расчёта и CAD-сборки нужно выявить до выпуска чертежей?

Расчётные задания

Задачи 1–4 предназначены для текущего контроля и зачёта семестра 4; задачи 5–15 — для текущего контроля и экзамена семестра 5. Задача 5 также используется для закрепления материала семестра 4. Каждое задание оценивается по 10-балльной рубрике. Разрешены непрограммируемый калькулятор и справочные данные, прямо выданные с условием; использование вычислительного пакета при текущем контроле назначается преподавателем.

Задание 1 Подвижность механизма

Связь с лекциями: 1.

Плоский кривошипно-ползунный механизм включает стойку, кривошип, шатун и ползун. Имеются три вращательные и одна поступательная пары. Все пары одноподвижные, избыточных связей и местных подвижностей нет. Найдите подвижность и объясните число необходимых ведущих звеньев.

Задание 2 Кинематика кривошипно-ползунного механизма

Связь с лекциями: 2–3.

Центральный механизм: радиус кривошипа r = 0,05 м, длина шатуна l = 0,20 м. Угол кривошипа φ = 90° отсчитывается против часовой стрелки от положительного направления оси движения ползуна. Угловая скорость ω = 20 рад/с постоянна. Ползун расположен справа от оси кривошипа. По зависимости $x = r\cos\varphi + \sqrt{(l^2 - r^2\sin^2\varphi)}$ найдите x и скорость ползуна.

Задание 3 Кинетостатика кривошипа

Связь с лекциями: 4.

Кривошип радиусом 0,10 м имеет относительно оси вращения момент инерции J = 0,020 кг·м² и угловое ускорение ε = 100 рад/с². В рассматриваемый момент на конец кривошипа действует касательная сила сопротивления 150 Н. Другие моменты отсутствуют. Найдите движущий момент, используя уравнение моментов относительно оси.

Задание 4 Маховик агрегата

Связь с лекциями: 5.

За установившийся цикл максимальная разность значений накопленной избыточной работы равна ΔE = 120 Дж. Средняя угловая скорость ωср = 50 рад/с, допускаемый коэффициент неравномерности δ = 0,04. Приведённый момент инерции остальных звеньев постоянен и равен 0,20 кг·м². Найдите требуемые суммарный момент инерции и момент инерции маховика; принять приближение малой неравномерности.

Задание 5 Цилиндрическая прямозубая передача

Связь с лекциями: 7–8.

Прямозубая внешняя передача без смещения: m = 3 мм, z1 = 20, z2 = 60, α = 20°. На шестерне T1 = 100 Н·м, n1 = 900 об/мин. Потерями пренебречь. Найдите u, d1, d2, a, n2, T2 и силы Ft, Fr на шестерне.

Задание 6 Тепловой баланс червячного редуктора

Связь с лекциями: 9.

На вход редуктора поступает P1 = 3,0 кВт, КПД η = 0,75. Теплоотдающая площадь A = 1,2 м², коэффициент теплоотдачи k = 15 Вт/(м²·К). Температура воздуха 25 °C, допускаемая температура масла 80 °C. Используйте стационарную сосредоточенную модель Рпот = kA(θ − θвозд). Найдите выходную мощность, потери и температуру; сделайте вывод.

Задание 7 Ременная передача и натяжения ветвей

Связь с лекциями: 10.

Плоскоременная передача передаёт P = 4 кВт при скорости ремня v = 10 м/с. Для учебной модели предельное отношение натяжений T1/T2 = e^(μα) = 3. Центробежным натяжением и потерями пренебречь. Угол между направлениями сил натяжения на шкиве принять нулевым. Найдите T1, T2 и результирующую нагрузку на вал.

Задание 8 Кинематика планетарной передачи

Связь с лекциями: 11.

Простая планетарная передача имеет солнечное колесо zc = 20 и неподвижное внутреннее колесо zк = 60. Ведущее солнце вращается nc = 1200 об/мин. Найдите частоту и направление вращения водила. Используйте (nc − nв)/(nк − nв) = −zк/zc.

Задание 9 Статическая прочность круглого вала

Связь с лекциями: 6,12.

В опасном сечении сплошного круглого вала действуют результирующий изгибающий момент M = 200 Н·м и крутящий момент T = 150 Н·м. Допускаемое эквивалентное напряжение [σ] = 100 МПа. Концентрацию напряжений не учитывать. Используйте $\sigma_{экв} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$, $\sigma = 32M/(\pi d^3)$, $\tau = 16T/(\pi d^3)$. Найдите минимальный диаметр и проверьте d = 30 мм.

Задание 10 Базовая долговечность подшипника

Связь с лекциями: 13.

Для радиального шарикового подшипника заданы C = 20 кН, эквивалентная постоянная динамическая нагрузка P = 2 кН, n = 1000 об/мин. Используйте L10 = (C/P)^3 в миллионах оборотов, L10h = 10^6 L10/(60n). Требуется 12000 часов. Найдите ресурс и объясните уровень надёжности результата.

Задание 11 Подшипник скольжения

Связь с лекциями: 14.

Радиальная нагрузка F = 3000 Н, диаметр шейки d = 40 мм, длина вкладыша l = 40 мм, n = 600 об/мин. Для условной учебной пары заданы [p] = 3 МПа и [pv] = 2,5 МПа·м/с. Найдите p, v и pv; оцените выполнение обеих проверок.

Задание 12 Шпоночное соединение

Связь с лекциями: 15.

Момент T = 120 Н·м передаётся валом диаметром d = 40 мм через шпонку шириной b = 12 мм. Рабочая высота контакта шпонки со ступицей hраб = 4 мм, эффективная длина lраб = 30 мм. Допускаемые напряжения [τ] = 60 МПа, [σсм] = 120

МПа. Найдите касательную силу, напряжения среза и смятия.

Задание 13 Затяжка и раскрытие стыка

Связь с лекциями: 15.

В предварительно затянутом соединении начальная сила затяжки F0 = 10 кН, внешняя осевая растягивающая сила FA = 12 кН. Доля внешней силы, дополнительно нагружающая болт, χ = 0,25. Принять линейную модель без раскрытия до исчерпания сжатия. Определите усилие в болте, остаточную силу сжатия стыка и предельную внешнюю силу начала раскрытия.

Задание 14 Муфта и пружина

Связь с лекциями: 16.

Номинальный момент привода T = 80 Н·м, коэффициент режима K = 1,5. Для двух учебных муфт заданы допускаемые моменты 100 и 160 Н·м; обе подходят по диаметрам, скорости и смещениям. Выберите муфту. Отдельно для винтовой пружины G = 80000 Н/мм², dп = 4 мм, D = 32 мм, число рабочих витков N = 8 найдите жёсткость c = Gdп^4/(8D³N) и деформацию от F = 100 Н.

Задание 15 Посадка и осевая размерная цепь

Связь с лекциями: 17.

Условное отверстие имеет предельные размеры 40,000 и 40,025 мм, вал — 39,975 и 39,991 мм. Найдите минимальный и максимальный зазоры. Отдельно корпусная длина A = 100,00 ± 0,10 мм, суммарная длина устанавливаемого пакета B = 99,70 ± 0,05 мм. Для цепи S = A − B найдите предельные значения осевого зазора методом полной взаимозаменяемости.

Эталоны решения расчётных заданий

Раздел предназначен преподавателю. При выдаче студенту контрольного комплекта эталоны и ключи тестов в него не включаются. Для числовых результатов допускается отличие до 1% при корректном округлении; для геометрических предельных размеров требуется сохранение точности исходных данных.

1. Подвижных звеньев n = 3, низших пар p5 = 4, высших пар p4 = 0. W = 3n − 2p5 − p4 = 9 − 8 = 1. Для однозначного задания движения достаточно одного независимого входного движения.

2. x = √0,0375 = 0,19365 м. dx/dφ = −r sin φ − r² sin φ cos φ / √(l² − r² sin² φ); при φ = 90°: v = (dx/dφ)ω = −1,000 м/с. Знак минус означает движение в сторону уменьшения x.

3. Момент сопротивления 150 · 0,10 = 15 Н·м. Инерционный член Jε = 2 Н·м. Тдв − 15 = 2, поэтому Тдв = 17 Н·м. В кинетостатической записи момент сил инерции равен −2 Н·м.

4. JΣ ≈ ΔE / (δωср²) = 120 / (0,04 · 2500) = 1,20 кг·м². Jмах = 1,20 − 0,20 = 1,00 кг·м². Формула не учитывает изменение приведённой инерции и потери, кроме включённых в диаграмму работ.

5. u = 3; d1 = 60 мм, d2 = 180 мм; a = 120 мм; n2 = 300 об/мин, T2 = 300 Н·м. Ft = 2T1/d1 = 3333,3 Н при d1 = 0,060 м. Fr = Ft tan20° = 1213,2 Н; Fa = 0.

6. P2 = 2,25 кВт; Рпот = 750 Вт. θ = 25 + 750/(15 · 1,2) = 66,7 °C < 80 °C. В рамках заданной модели тепловое условие выполнено; результат не описывает пусковой режим и локальные температуры.

7. T1 − T2 = P/v = 400 Н. При T1 = 3T2 получаем T2 = 200 Н, T1 = 600 Н. Нагрузка на вал при принятой параллельности ветвей R = T1 + T2 = 800 Н. Работа на пределе сцепления не обеспечивает эксплуатационный запас.

8. При nк = 0: (1200 − nв)/(−nв) = −3. Отсюда nв = 300 об/мин, направление совпадает с солнцем, uс-в = 4. Для геометрически совместимых одинаковых сателлитов zсателлита = (60 − 20)/2 = 20.

9. dmin = [32√(M² + 0,75T²)/(π[σ])]^(1/3) = 28,96 мм при моментах в Н·мм. При d = 30 мм σ = 75,45 МПа, τ = 28,29 МПа, σэкв = 89,97 МПа < 100 МПа. Статическое условие выполнено; усталость и жёсткость проверяются отдельно.

10. L10 = 1000 млн оборотов; L10h = 16666,7 ч > 12000 ч. Базовый ресурс соответствует 90% надёжности группы одинаковых подшипников при условиях базовой модели, а не гарантии срока работы конкретной опоры. Требуются также проверки статической нагрузки и условий эксплуатации.

11. p = F/(dl) = 1,875 МПа; v = πdn/60 = 1,2566 м/с; pv = 2,356 МПа·м/с. Обе проверки выполнены. Заданные пределы условны, их нельзя переносить на реальный материал без справочных данных; гидродинамическая несущая способность не определена.

12. Ft = 2T/d = 6000 Н. τ = Ft/(b lраб) = 16,67 МПа; σсм = Ft/(hраб lраб) = 50 МПа. Оба условия выполнены. Размеры и допускаемые напряжения заданы для учебной задачи; проверка вала на усталость остаётся необходимой.

13. Fболт = F0 + χFA = 13 кН. Fстык = F0 − (1 − χ)FA = 1 кН > 0. Начало раскрытия FA,раскр = F0/(1 − χ) = 13,33 кН. До раскрытия модель согласована; после раскрытия выражения требуют изменения.

14. Трасч = 120 Н·м; подходит муфта с допускаемым моментом 160 Н·м. c = 9,7656 Н/мм, деформация f = 10,24 мм. Полученный прогиб ещё не подтверждает прочность пружины и отсутствие смыкания витков.

15. Smin = 40,000 − 39,991 = 0,009 мм; Smax = 40,025 − 39,975 = 0,050 мм. Осевой зазор: Smin = 99,90 − 99,75 = 0,15 мм; Smax = 100,10 − 99,65 = 0,45 мм. Поля допусков условны и не обозначены как конкретная стандартная посадка.

Тестовые задания

В каждом задании один правильный ответ. За правильный ответ — 1 балл, за неверный или отсутствующий — 0. Рекомендуемое время на комплект из 20 заданий — 25 минут. Тест дополняет расчётные задания и не заменяет их.

Тест 1

Для плоского механизма без особых связей подвижность определяется выражением:

А) 3n − 2p5 − p4.

Б) 2n − 3p5.

В) n + p5.

Г) p5 − n.

Тест 2

Группа Ассура имеет при присоединении к стойке подвижность:

А) один.

Б) ноль.

В) два.

Г) равную числу звеньев.
Тест 3
Нормальное ускорение точки вращающегося звена равно:
А) εr.
Б) ωr.
В) ω²r.
Г) ω/r.
Тест 4
Кинематический анализ определяет движение без обязательного задания:
А) геометрии.
Б) входного движения.
В) положения звеньев.
Г) действующих сил.
Тест 5
Момент сил инерции при плоском вращении относительно центра масс направлен:
А) по угловому ускорению.
Б) против углового ускорения.
В) по скорости центра масс.
Г) всегда по часовой стрелке.
Тест 6
При определении приведённой массы сохраняют:
А) кинетическую энергию.
Б) форму детали.
В) объём корпуса.
Г) число опор.
Тест 7
Усталостное повреждение связано прежде всего с:
А) только постоянной температурой.
Б) только габаритом.
В) повторением циклов напряжений.
Г) нулевым моментом.
Тест 8
Делительный диаметр прямозубого колеса без уточнений о смещении равен:
А) z/m.
Б) m/z.
В) m + z.
Г) mz.
Тест 9
Окружная сила на колесе при моменте T и диаметре d равна:
А) T/d.
Б) 2T/d.
В) Td.
Г) T/(2d).
Тест 10
Характерный критерий против усталостного выкрашивания зубьев — ограничение:
А) контактных напряжений.
Б) массы корпуса.
В) длины вала.
Г) числа винтов крышки.
Тест 11
Передаточное отношение червячной пары равно:
А) числу зубьев колеса, делённому на число заходов червяка.
Б) отношению наружных диаметров.
В) числу заходов, умноженному на КПД.
Г) всегда единице.
Тест 12
При данной мощности потери в редукторе возрастают при:
А) росте КПД.
Б) падении КПД.
В) падении момента при неизменной мощности и КПД.
Г) неизменном КПД.
Тест 13
Зубчатый ремень передаёт основное рабочее усилие:
А) только вязкостью масла.
Б) сваркой со шкивом.
В) зацеплением зубьев.
Г) магнитным полем.
Тест 14

Полигональный эффект цепного привода связан с:
А) постоянным передаточным отношением без пульсаций.
Б) заменой цепи ремнём.
В) нулевым шагом цепи.
Г) дискретным охватом звёздочки звеньями.
Тест 15
Вал отличается от оси тем, что по назначению:
А) обязательно неподвижен.
Б) передаёт крутящий момент.
В) не имеет опор.
Г) не воспринимает изгиб.
Тест 16
В формуле L10 = (C/P)^p для шариковых подшипников p равно:
А) 3.
Б) 1.
В) 2.
Г) 10.
Тест 17
Базовый ресурс L10 соответствует надёжности:
А) 100%.
Б) 50%.
В) 90%.
Г) 10%.
Тест 18
Плавающая опора нужна прежде всего для:
А) создания жёсткого осевого защемления с двух сторон.
Б) устранения всех радиальных реакций.
В) увеличения трения.
Г) допуска осевого перемещения при температурном удлинении.
Тест 19
При внешней осевой силе до раскрытия затянутого стыка сила в болте:
А) всегда равна внешней силе.
Б) увеличивается на долю внешней силы.
В) всегда равна нулю.
Г) не зависит от затяжки и жёсткостей.
Тест 20
Сходимость конечно-элементного решения проверяют:
А) измельчением сетки и сравнением выбранных величин.
Б) только изменением цвета карты.
В) увеличением масштаба деформации.
Г) удалением единиц измерения.

Оценивание теста

Предлагаемые уровни: 18–20 — высокий; 15–17 — достаточный; 12–14 — базовый; 0–11 — недостаточный. Эти уровни характеризуют результаты теста и не являются автоматической оценкой за дисциплину.
Текущий контроль
После блока механизмов — вопросы 1–10, задачи 1–4 и тесты 1–6. После блока передач — вопросы 11–22, задачи 5–8 и тесты 7–14. После блока валов и опор — вопросы 23–28, задачи 9–11 и тесты 15–18. После блока соединений и сборки — вопросы 29–34, задачи 12–15 и тесты 19–20. Для каждого студента преподаватель заранее определяет равный по трудности набор заданий.
Устный ответ оценивается от 0 до 5 баллов: корректность понятий — 0–2; причинное объяснение и применимость модели — 0–2; инженерный пример — 0–1. Ответ без понимания физического смысла не получает баллы за объяснение даже при правильной записи формулы.
Оценивание расчётного задания
Критерий Баллы Основание начисления
Схема и допущения 0–2 2 — схема и условия корректны; 1 — устранимая неточность; 0 — неверная модель.
Метод и формулы 0–3 3 — все зависимости применимы; 2 — частичный пробел; 1 — отдельные верные связи; 0 — метод неверен.
Вычисления и единицы 0–3 3 — верно; 2 — одна локальная арифметическая ошибка; 1 — значительные ошибки при верном ходе; 0 — расчёт отсутствует.
Проверка и вывод 0–2 2 — проверка и вывод обоснованы; 1 — выполнено одно из двух; 0 — оба отсутствуют.

Рекомендуемый порог выполнения задания — 6 из 10 при корректной расчётной схеме и применимом методе. Ошибка перевода Н·м в Н·мм, нераспознанный отрицательный зазор или ресурс в оборотах, выданный за часы, требуют исправления. Повторное задание проверяет то же действие на сопоставимых данных; правила пересдачи определяет университет.
Лабораторные работы и их защита

Для работ 1–5 проверяются схема установки, измеряемые величины, сопоставление движения или уравновешенности с моделью. Для работ 6–9 — измерение геометрии и зазоров, определение кинематических параметров и оценка потерь. Работы проводятся только на разрешённой преподавателем установке после инструктажа.
Индивидуальный отчёт содержит цель измерения, схему, исходные данные, таблицу первичных измерений с единицами, расчёт, оценку разброса или погрешности и вывод. При работе в группе каждый обучающийся объясняет собственные вычисления.
Критерий Баллы
Схема и обоснование измеряемых параметров 0–2
Первичные данные и воспроизводимость обработки 0–3
Сопоставление с расчётом и анализ расхождений 0–3
Индивидуальная защита и вывод 0–2

Предлагаемый порог — 6 из 10 с обязательным наличием собственных первичных данных и объяснения результата. Отсутствие экспериментальных данных нельзя заменить вымышленными измерениями. Примеры вопросов защиты: почему выбран данный измерительный инструмент; как его разрешение влияет на результат; какие потери не включены в модель; чем объясняется отличие КПД от единицы?
Промежуточная аттестация в семестре 4
Зачёт: одна расчётная задача и два вопроса по лекциям 1–9. Предлагаемая длительность — 45 минут и до 10 минут собеседования. Примерные комплекты: 1) вопросы 1 и 8, задача 2; 2) вопросы 3 и 10, задача 3; 3) вопросы 5 и 15, задача 4; 4) вопросы 11 и 18, задача 5. Все данные задач приведены выше.
Каждый вопрос — до 5 баллов, задача — до 10; всего 20. «Зачтено» предлагается выставлять при сумме не менее 12, не менее 6 за задачу и не менее 2 за каждый вопрос. Иначе — «не зачтено». Такой порог требует подтверждения кафедрой; автоматический допуск по текущим баллам не устанавливается.
Экзамен в семестре 5
Билет включает два вопроса и задачу. Предлагаемая длительность подготовки — 60 минут, собеседования — до 15 минут. Теоретические вопросы оцениваются по 10 баллов: точность понятий 0–3; раскрытие связей и метода 0–4; ограничения и пример 0–3. Задача оценивается по общей 10-балльной рубрике. Всего 30 баллов.
Предлагаемая шкала: 26–30 — «отлично»; 22–25 — «хорошо»; 18–21 — «удовлетворительно»; 0–17 — «неудовлетворительно». Дополнительно для положительной оценки нужны не менее 6 за задачу и не менее 4 за каждый вопрос. При невыполнении любого из этих условий оценка — «неудовлетворительно», даже если сумма достигла 18.
Билет Вопрос 1 Вопрос 2 Задание
1 13 16 5
2 17 20 6
3 19 21 7
4 22 24 8
5 23 25 9
6 26 28 10
7 27 30 11
8 29 31 12
9 30 32 13
10 33 34 15

Номера вопросов относятся к банку из 34 вопросов; номера задач — к банку из 15 задач. Темы пружин и выбора муфты дополнительно проверяются заданием 14 текущего контроля и вопросами 31–32. Дополнительный экзаменационный комплект: вопросы 12 и 32, задание 14.
Курсовая работа и её защита
Предлагаемая тема — «Проектирование привода с закрытой зубчатой передачей». Результат: расчётная записка, параметрическая сборка, сборочный чертёж, спецификация и рабочий чертёж одного вала. Локальные требования к формату документации и объёму листов задаются кафедрой; здесь они не устанавливаются как обязательные нормы.
Учебный базовый вариант: полезная мощность на выходном валу 2,0 кВт, выходная частота 300 об/мин, частота входного вала 1500 об/мин; непрерывная работа без реверса и ударов; требуемый базовый ресурс опор 10000 ч; температура воздуха 25 °C. Принять одноступенчатую цилиндрическую передачу, требуемое передаточное отношение 5. Мощность относится к выходу; входную мощность определять с учётом обоснованного КПД. Опоры, материалы и размеры выбирает студент по указанному им источнику. Допуск отклонения выходной частоты — ±3%. Это учебные исходные данные, а не сведения из аннотации.
Этапы: энергокинематический расчёт; выбор зубчатой пары и проверки её прочности; компоновка валов и реакций; проверки валов; выбор опор, соединений, муфты, посадок, смазки и уплотнений; согласование расчётной записки и модели. В используемом методе расчёта передач должны быть указаны определения коэффициентов и справочные источники.
Критерий Баллы
Исходные данные, энергокинематический расчёт и критерии 15
Прочность передачи и обоснование материала 20
Валы, опоры и соединения 20
Согласованность CAD-сборки и документации 20
Верификация и анализ ограничений 10
Индивидуальная защита решений 15

По каждому критерию: полный балл — выполнен весь соответствующий этап и решение воспроизводимо; 75% —

небольшие замечания без изменения работоспособности; 50% — метод верен, но требуется существенное дополнение; 25% — отдельные верные элементы; 0 — этап отсутствует или неверен. Дробные баллы допускаются до 0,25. Предлагаемая шкала: 85–100 — «отлично», 70–84,99 — «хорошо», 60–69,99 — «удовлетворительно», менее 60 — «неудовлетворительно». Для положительной оценки дополнительно необходимы не менее половины максимума за расчёт передачи, за валы и опоры, за согласованность сборки и за защиту. Несоответствие выбранного размера полученному условию прочности либо невозможность сборки требует исправления до положительной оценки независимо от суммы баллов.
Вопросы защиты: где приложены нагрузки к валу; чем обоснован материал шестерни; почему выбраны эти опоры; как обеспечено температурное перемещение; как проверялась сходимость численной модели; какое изменение конструкции улучшит ресурс и что оно ухудшит; какие каталожные ограничения не отражены в простой формуле?
Правила подготовки контрольных комплектов
Преподаватель выдаёт условия отдельно от ключей, указывает допустимые справочники и программные средства. При изменении чисел пересчитывается эталон, сохраняются физическая реализуемость и сопоставимая трудность. Проверяется ход решения; корректное альтернативное решение получает те же баллы. Студенту сообщаются критерии до испытания и конкретные ошибки после проверки.
Компьютерный результат принимается при наличии исходной схемы, формул, параметров и проверки. Изображение поля напряжений без единиц, описания закреплений и сравнения с простой моделью не подтверждает выполнение расчёта. При необходимости доступная форма предъявления задания согласуется по локальным правилам университета без снижения проверяемого инженерного содержания.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Устный опрос по расчётным схемам и физическому смыслу результатов.
Тематические тесты с выбором ответа.
Расчётные задания по механизмам, передачам, валам и опорам.
Отчёт и индивидуальная защита лабораторной работы.
Расчётно-графическая работа с проверяемыми исходными данными.
Курсовая работа и её защита в семестре 5.
Зачётное расчётное задание и собеседование в семестре 4.
Экзаменационный билет с двумя теоретическими вопросами и расчётной задачей.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Гуревич Ю.Е., Косов М.Г., Схиртладзе А.Г.	Детали машин и основы конструирования: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования	М.: Академия 2012

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Иванов М.Н., Иванов В.Н.	Детали машин. Курсовое проектирование: учебное пособие для машиностроит. вузов	М.: Высшая школа 1975
Л2.2	Дмитриев В.А.	Детали машин. (Основы расчета и конструирования машин): учебник для вузов	Л.: Судостроение 1970

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Воронкин В.В.	Детали машин и основы конструирования: учебное пособие	Бишкек: Изд-во КРСУ 2014

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	Предлагаемый перечень, а не подтверждённый состав лицензий КРСУ. Конкретные версии и доступность определяет университет.
6.3.1.2	КОМПАС-3D. Параметрические детали, сборка редуктора, чертежи и спецификация. https://kompas.ru/
6.3.1.3	PTC Mathcad Prime. Расчётные листы с единицами измерения и документированием формул. https://www.ptc.com/en/products/mathcad/
6.3.1.4	MATLAB. Решение уравнений кинематики, параметрические расчёты и графики. https://www.mathworks.com/products/matlab.html
6.3.1.5	Ansys Mechanical. Дополнительная учебная проверка напряжений и перемещений вала при наличии лицензии и подготовленного задания. https://ansys.synopsys.com/products/structures/ansys-mechanical

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	SKF Rolling bearings. Инженерный каталог для выбора подшипников и проверки исходных данных расчёта ресурса. https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d196802809de-Rolling-bearings---17000_1-EN_tcm_12-121486.pdf

6.3.2.2	JTEKT Calculation of service life. Справочные сведения о базовой долговечности подшипников. https://www.jtekt.co.jp/products/bearing/en/support/bearing-knowledge/5-2000.html
6.3.2.3	Национальная электронная библиотека. Поиск учебников, монографий и справочной литературы. https://rusneb.ru/
6.3.2.4	Российский институт стандартизации. Каталоги стандартов и проверка статуса документа; применимость в Кыргызстане устанавливается отдельно. https://new.gostinfo.ru/catalog/
6.3.2.5	Каталог межгосударственных стандартов МГС. Поиск межгосударственных стандартов; наличие документа в каталоге не подтверждает его введение в конкретной стране. https://mgscatalog.by/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Порядок изучения дисциплины и выполнения инженерных расчётов

Указания предназначены обучающимся направления «Прикладная механика», профиля «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг». Они помогают связать движение механизма, нагрузки деталей и конструкцию узла в единое проверяемое решение. Курс рассчитан на семестры 4 и 5; тематический план содержит 17 двухчасовых лекций.

Подготовка к изучению темы

Перед занятием восстановите необходимые сведения из теоретической механики, сопротивления материалов и инженерной графики. Для механизмов повторите векторные уравнения и производные; для валов — эпюры моментов и напряжения при изгибе и кручении; для опор — реакции связей и смысл ресурса. Просмотрите название лекции и её вопросы, выделите непонятные обозначения.

Начинайте конспект темы с расчётной схемы. У каждой формулы записывайте смысл величин, единицы и условия применения. Разделяйте геометрические связи, уравнения движения, равновесия и условия прочности: они отвечают на разные инженерные вопросы.

Работа на лекциях

Фиксируйте ход построения модели: что известно, что ищется, какие связи и нагрузки учитываются, что отброшено. Для каждой новой зависимости сохраняйте один разобранный пример. После лекции поясните своими словами, что изменится при увеличении нагрузки, скорости или размера. Если ответ противоречит формуле, проверьте понимание до следующего занятия.

Последовательность инженерного расчёта

• Перепишите исходные данные и приведите их к согласованной системе единиц. Явно различайте мощность на входе и выходе, Н·м и Н·мм, обороты и часы.

• Постройте схему: оси, звенья, опоры, силы, моменты и размеры. Задайте положительные направления.

• Укажите допущения и применимость модели. Например, расчёт сплошного гладкого вала не учитывает ослабление шпоночным пазом.

• Выберите метод и справочные коэффициенты, запишите их источник и редакцию использованного документа.

• Выполните расчёт сначала в буквенном виде, затем с числами. Сохраните промежуточные результаты до округления.

• Проверьте размерности, порядок величин, равновесие или баланс энергии. Сравните результат с простой независимой оценкой.

• После выбора конструктивного размера выполните проверочный расчёт с фактически выбранным размером.

• Сформулируйте инженерный вывод: какое условие выполнено, какое ограничивает конструкцию и какие проверки ещё необходимы.

Особенности изучения механизмов

При структурном анализе считайте подвижные звенья отдельно от стойки. Проверяйте местные подвижности и избыточные связи до подстановки в формулу. В кинематическом расчёте следите за непрерывностью ветви решения: численный решатель может перейти в другую конфигурацию. Скорости и ускорения сверяйте хотя бы в одном положении аналитически либо по плану.

Переходите к силовому анализу после проверки кинематики. Силы инерции вычисляются по ускорениям, поэтому ошибка в единицах или знаке ускорения переносится в реакции. В динамике агрегата различайте мгновенную мощность, работу за цикл и запасённую кинетическую энергию.

Особенности расчёта передач валов и опор

В передаче сначала определите частоты, мощности и моменты по всем валам. После выбора геометрии найдите силы зацепления и перенесите их на силовую схему вала. Контактная и изгибная проверки зубьев независимы; выполнение одной не заменяет другую. Для червячного редуктора учитывайте тепловой баланс.

Для вала рассматривайте изгиб в двух плоскостях, затем определяйте результирующий момент. Статическая прочность гладкого сечения — предварительная проверка; пазы, галтели, переменность напряжений и требования к прогибу могут изменить выбор. Подшипник выбирайте после получения реакций, затем уточняйте компоновку и расчётную схему.

L10 характеризует базовую долговечность группы подшипников с 90% надёжностью в рамках соответствующей модели. Она не является гарантией ресурса каждого изделия. Проверяйте применимость каталожных коэффициентов, статическую грузоподъёмность и эксплуатационные ограничения. Для подшипника скольжения проверка pv служит ограниченной учебной оценкой и не заменяет расчёт масляного слоя.

Использование компьютерных программ

В расчётном листе Mathcad или скрипте MATLAB отделяйте ввод параметров от вычислений и вывода. Подписывайте графики, указывайте единицы, сохраняйте версии исходного файла. Не вводите скрытые численные коэффициенты без пояснения. Проверьте вычислительный файл на исходном и одном изменённом наборе данных.

В КОМПАС-3D связывайте размеры детали с принятыми расчётными параметрами. Проверяйте отсутствие пересечений, возможность установки подшипников и колёс, доступ к крепежу, монтаж и демонтаж. Изменение CAD-модели должно сопровождаться проверкой связанных расчётов, чертежей и спецификации.

При задании конечно-элементной проверки опишите материал, нагрузки, закрепления, контакты и выбранную сетку. Сопоставьте реакции и перемещения с балочной или иной простой моделью. Сравните выбранные величины на нескольких сетках. Пиковое напряжение у идеализированного острого угла может зависеть от сетки; не принимайте его автоматически за критерий разрушения. Вычислительная проверка дополняет обоснованную инженерную модель.

Практические занятия и самостоятельная работа

На практическое занятие приносите схему, исходные данные и начальный выбор метода. Выполняйте расчёт самостоятельно и сохраняйте исправления: они показывают, где была нарушена логика. Для самостоятельной работы используйте блоки тематического плана — 54 часа в семестре 4 и 60 часов в семестре 5. Эти часы включают работу с источниками и подготовку результатов по соответствующим темам, а не только чтение.

Результат самостоятельного блока оформляйте кратко: схема, исходные данные, расчёт или сравнение вариантов, проверка и вывод. Для сравнения двух вариантов сохраняйте одинаковые требования к мощности, ресурсу и габаритам, иначе вывод о преимуществе некорректен.

Лабораторные занятия

До начала работы изучите схему установки и получите инструктаж. Не изменяйте режим и не снимайте ограждения без разрешения преподавателя. В первичной таблице записывайте фактические измерения и разрешение прибора. Не подменяйте измеренные значения расчётными. Если опыта провести не удалось, сообщите об этом преподавателю.

В отчёте покажите обработку данных, разброс повторных измерений и сопоставление с моделью. Объясняйте расхождение через конкретные причины: трение, люфт, погрешность геометрии, ограничения способа измерения. На защите нужно воспроизвести ключевой расчёт и объяснить физический смысл результата.

Курсовая работа

Сначала согласуйте исходные требования и схему привода. Затем последовательно выполняйте расчёт передачи, компоновку валов и опор, проверки соединений и выбор посадок. Сохраняйте перечень исходных допущений и меняйте его вместе с моделью. Не выбирайте готовый редуктор как замену самостоятельному проектированию, если задание требует разработки узла.

Перед защитой проверьте соответствие моментов, размеров и обозначений во всех файлах. Для каждого выбранного элемента подготовьте ответ: почему он подходит по нагрузке, скорости, ресурсу и сборке. Будьте готовы объяснить наиболее опасное сечение вала, тип опоры и определяющий критерий передачи. Указывайте использованные каталоги, формулы и внешние материалы; применение программных и генеративных средств согласуйте с условиями задания.

Подготовка к зачёту и экзамену

Используйте банк вопросов и заданий ФОС. Для каждой темы подготовьте объяснение схемы, основных зависимостей и ограничений. Решайте задачи без просмотра эталона, затем находите причину каждого расхождения. На испытании сначала покажите модель и ход решения; один числовой ответ не раскрывает владение методом.

Изучите заранее критерии оценивания, допустимые справочники и программные средства. Приведённые в проекте ФОС пороги являются предложением; окончательный порядок сообщает преподаватель в соответствии с локальными правилами. После проверки уточните, какая ошибка относится к схеме, методу, вычислениям или выводу, и исправьте соответствующий этап.

Работа с литературой и справочными ресурсами

Для общих методов используйте учебную литературу; для размеров, грузоподъёмности и условий выбора конкретного изделия — официальный каталог производителя. В библиографической записи сохраняйте автора или организацию, название, год либо версию, URL и дату обращения. Наличие стандарта в российском или межгосударственном каталоге не подтверждает автоматически его применимость в Кыргызстане.

MIT OpenCourseWare Elements of Mechanical Design Spring 2009. https://ocw.mit.edu/courses/2-72-elements-of-mechanical-design-spring-2009/pages/lecture-notes/

SKF Rolling bearings. https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d196802809de-Rolling-bearings---17000_1-EN_tcm_12-121486.pdf

JTEKT Calculation of service life. https://www.jtekt.co.jp/products/bearing/en/support/bearing-knowledge/5-2000.html

Национальная электронная библиотека. https://rusneb.ru/

Российский институт стандартизации. https://new.gostinfo.ru/catalog/