

**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
(подпись)
Лопев Г.В.
(ФИО)

3 сентября ____ 2026 г.

Основы автоматизированного проектирования

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 **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 54

самостоятельная работа 53,9

Виды контроля в семестрах:

зачет с оценкой 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.&b><Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Контактная работа в период теоретического обучения	0,1	0,1	0,1	0,1
В том числе инт.	2	2	2	2
В том числе в форме практ.подготовки	2		2	
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54,1	54,1	54,1	54,1
Сам. работа	53,9	53,9	53,9	53,9
Итого	108	108	108	108

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

Основы автоматизированного проектирования

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 **Вышей школы Природопользования, мехатроники и транспорта**

Протокол от 02.09.2026 г. № 1

Срок действия программы: 2026-2032 уч.г.

Руководитель подразделения: Алсеитов Мирлан Тилегенович



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Основы автоматизированного проектирования

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цели освоения дисциплины: изучение системы автоматизированного проектирования (САПР), представляющей собой комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации и коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющих проектирование.
1.2	Предмет «Основы автоматизированного проектирования» (ОАП) направлен на изучение и углубление знаний по организации САПР на машиностроительных производствах и в проектных организациях в современных условиях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.1
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Б1.О.3.02. Теоретическая механика
2.1.2	Б1.О.3.03. Сопротивление материалов
2.1.3	Б1.О.3.05. Материаловедение
2.1.4	Б1.В.1.ДВ.06.01. Специальные главы высшей математики
2.1.5	Б1.О.3.01. Введение в профессиональную деятельность
2.1.6	Б1.О.3.16. Вычислительный практикум по теоретической механике
2.1.7	Б1.В.1.ДВ.07.01. Сопротивление материалов (продвинутый курс)
2.1.8	Современные языки программирования (Модуль: Введение в информационные технологии)
2.1.9	Б1.О.2.02. Математический анализ
2.1.10	Б1.О.3.13. Уравнения математической физики
2.1.11	ФТД.01. Основы трехмерного моделирования и прототипирования
2.1.12	Б1.О.2.06. Физика
2.1.13	Б1.О.2.01. Введение в высшую математику
2.1.14	Б1.В.1.01. Теория упругости
2.1.15	Б1.О.3.12. Аналитическая механика
2.1.16	Б1.В.1.ДВ.05.01. Детали машин и основы конструирования
2.1.17	Б1.В.1.ДВ.01.01. Использование современного программного комплекса Компас
2.1.18	Б1.О.3.08. Использование современного программного комплекса mat lab
2.1.19	Б1.О.3.10. Вариационное исчисление
2.1.20	Б1.О.2.07. Начертательная геометрия и инженерная графика
2.1.21	
2.1.22	Б1.О.2.04. Дифференциальные уравнения
2.1.23	Б1.О.2.05. Теория вероятностей и математическая статистика
2.1.24	Б1.О.3.04. Строительная механика машин
2.1.25	Б1.В.1.02. Основы теории пластичности и ползучести
2.1.26	Б1.О.3.15. Программные системы компьютерной математики
2.1.27	Информационные технологии и основы информационной безопасности (Модуль: Введение в информационные технологии)
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Б3.О.02. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
2.2.2	Б1.В.1.ДВ.04.01. Экспериментальная механика деформируемого твердого тела
2.2.3	Б3.О.03. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Б2.О.02(Пд). Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-2: Готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространённых в промышленности систем мирового уровня и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний

Знать:

Уровень 1	☐ Основные направления и специфику выполнения расчетно-экспериментальных работ с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий в области прикладной механики.
-----------	---

Уровень 2	
Уровень 3	
Уметь:	
Уровень 1	☐ Выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий
Уровень 2	
Уровень 3	
Владеть:	
Уровень 1	☐ методами проведения расчетно-экспериментальных работ в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий
Уровень 2	
Уровень 3	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и соответствующий физико-математический аппарат для их решения.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати.
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками проектирования детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем, например, КОМПАС, AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, Solid Edge и др.) на основе
3.3.2	эффективного сочетания передовых CAD-технологий и выполнения многовариантных CAE-расчетов (например, с помощью широко распространенных CAE-систем ANSYS, COSMOS, Femap, MSC.Patran/Nastran и др.).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте. ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. Организация САПР и представление геометрии							

1.1	САПР в жизненном цикле машиностроительного изделия Проектная процедура, проектная операция и маршрут проектирования: переход от требований к техническому решению на примере опоры вала. САПР как организационно-техническая система: проектирующие и обслуживающие подсистемы; распределение функций между инженером и программой. Математическое, программное, техническое, информационное, лингвистическое, методическое и организационное обеспечение САПР. Задачи CAD, CAE, CAM и PDM/PLM и передаваемые между ними данные; место инженерного расчёта в проектном цикле. Показатели выбора САПР для проектной организации: функциональность, совместимость данных, вычислительные ресурсы, сопровождение и права использования. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.2	Разработка маршрута автоматизированного проектирования опоры вала и схемы обмена проектными данными /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			

1.3	Геометрические модели и математическое описание формы Каркасные, поверхностные и твердотельные модели: какие сведения об изделии сохраняет каждое представление. Граничное представление B-rep и конструктивная геометрия CSG; грани, рёбра, вершины и операции объединения, пересечения и вычитания. Локальные и глобальная системы координат; перенос и поворот модели, использование однородных координат без вывода полного аппарата преобразований. Параметрическое задание кривых и поверхностей; назначение сплайнов и NURBS при описании инженерной формы. Геометрическая точность и корректность топологии: замкнутость тела, зазоры и самопересечения; влияние дефектов на дальнейшее построение сетки. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.4	Сравнение геометрических представлений детали и проверка систем координат и характеристик тела /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
1.5	Анализ состава обеспечения САПР и подготовка схемы маршрута проектирования механического узла. Сопоставление каркасной поверхностной и твердотельной моделей одной детали /Ср/	6	12	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
	Раздел 2. Параметрическое конструирование и документация							

2.1	Параметрическое моделирование деталей и устойчивость построений Проектный замысел и дерево построения: выбор базовых плоскостей, последовательности операций и опорных геометрических объектов. Геометрические и размерные ограничения эскиза; степени свободы, недоопределённость и переопределение на примере контура кронштейна. Выдавливание, вращение, отверстия, скругления и массивы: выбор операций для технологически осмысленной модели. Переменные, зависимости и таблицы параметров для семейства деталей; проверка допустимых диапазонов размеров. Причины отказа перестроения при изменении размеров; устойчивые ссылки, локализация ошибки и проверка массово-инерционных характеристик. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
2.2	Построение параметрической модели кронштейна и проверка устойчивости её перестроения /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
2.3	Моделирование сборочных единиц и проверка взаимного положения деталей Структура сборки и подборок; проектирование снизу вверх и сверху вниз на примере опоры с валом и крепежом. Сопряжения компонентов и оставшиеся степени свободы; различие между фиксацией детали и физическим соединением. Использование библиотечных стандартных изделий и согласование их обозначений с составом сборки. Обнаружение геометрических пересечений, контроль зазоров и доступности сборки; границы возможностей геометрической проверки. Сборочная конфигурация и расчётное представление: какие детали и контакты необходимо сохранить для последующего анализа. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
2.4	Создание сборочной модели опоры вала и проверка сопряжений зазоров и пересечений /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			

2.5	Ассоциативная конструкторская документация по трёхмерной модели Связь электронной модели, рабочего чертежа и спецификации; состав сведений для изготовления и контроля детали. Получение видов, разрезов и сечений из модели; выбор изображений для однозначного раскрытия формы. Размеры, базы, допуски и обозначения поверхностей: различие между размером параметрического эскиза и требованием рабочего чертежа. Заполнение свойств деталей, позиций и состава изделия; согласование спецификации со сборочной моделью. Обновление чертежа после изменения модели, проверка потерянных связей и выпуск согласованной версии документации. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
2.6	Получение ассоциативного рабочего чертежа детали и спецификации сборочной единицы /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
2.7	Разработка таблицы параметров и анализ причин отказа перестроения модели. Анализ последовательности сборки и степеней свободы сопряжённых компонентов. Сравнение результатов передачи модели в нейтральном формате и обоснование её расчётных упрощений. /Ср/	6	18		Л1.1Л2.1Л3.1			
	Раздел 3. Интеграция CAD–CAE и достоверность инженерного анализа							

3.1	Передача геометрии и подготовка расчётной модели CAD–CAE Нативные и нейтральные форматы; назначение STEP, IGES и STL и различие между точной геометрией и полигональным представлением. Контроль импорта: единицы, ориентация, число тел, объём и размеры; сохранность геометрии и ограничения переноса истории построения. Удаление малозначимых фасок и отверстий; критерий сохранения элементов, влияющих на жёсткость и концентрацию напряжений. Выбор стержневой, оболочечной или объёмной идеализации по геометрии и характеру работы детали. Передача материалов, именованных областей и параметров в расчётный проект; проверка связей после изменения CAD-модели. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.2	Экспорт и импорт геометрии в STEP и подготовка упрощённой модели для расчёта /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.3	Построение конечно-элементной модели для линейного статического расчёта Постановка задачи: линейно-упругий материал, малые перемещения и статическая нагрузка; границы применимости модели. Схема метода конечных элементов и смысл системы $Ku = F$; перемещения, деформации и напряжения как связанные результаты. Задание модуля Юнга, коэффициента Пуассона и согласованной системы единиц; плотность при учёте массы и собственного веса. Граничные условия и распределённые нагрузки; устранение движений твёрдого тела без необоснованного закрепления модели. Выбор типа и порядка элементов, размера сетки и локального сгущения; особенности контактных соединений и упрощающего допущения bonded. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			

3.4	Построение конечно-элементной модели и выполнение линейного статического расчёта кронштейна /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1	2		
3.5	Проверка достоверности расчёта и интерпретация результатов Проверка размерностей, суммарных реакций и деформированной формы; признаки ошибочной нагрузки или закрепления. Сопоставление с аналитическим решением растяжения стержня либо изгиба балки; отделение ошибок постановки от ошибок дискретизации. Исследование сеточной сходимости на последовательности сеток; выбор наблюдаемой величины и фиксированной области сравнения. Концентрация напряжений и сингулярность у идеализированного закрепления или точечной нагрузки; ограничения использования максимума напряжений. Верификация вычислений и валидация физической модели; требования к сравнению с экспериментом и к формулировке ограничений отчёта. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.6	Верификация расчёта на эталонном стержне и исследование сеточной сходимости модели кронштейна /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			

3.7	Многовариантное проектирование и управление проектными данными Переменные проекта, ограничения по прочности и жёсткости, целевой показатель массы; постановка задачи выбора варианта кронштейна. Параметрический перебор и анализ чувствительности при неизменной расчётной схеме; отличие сравнения нескольких вариантов от доказательства оптимальности. Повторное построение моделей и расчётов с помощью таблиц параметров и средств автоматизации; регистрация входных данных и ошибок обновления. Версии, ревизии, состав изделия и статусы согласования в PDM; предотвращение расчёта по устаревшей геометрии. Комплект передачи проекта: исходные модели, настройки расчёта, результаты проверок, таблица вариантов и инженерное обоснование выбора. /Лек/	6	2	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.8	Сравнение трёх параметрических вариантов кронштейна и формирование согласованного комплекта проектных данных /Пр/	6	4	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.9	Сравнение результатов передачи модели в нейтральном формате и обоснование её расчётных упрощений. Обоснование материала нагрузок креплений и типа конечных элементов. Обработка результатов эталонного расчёта и построение графиков сеточной сходимости. Оформление сравнения вариантов конструкции отчёта и материалов защиты проекта. /Ср/	6	23,9	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			
3.10	Консультация и проведение зачета /КрТО/	6	0,1	ПК-2	Л1.1Л2.1Л3.1			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для текущего контроля

В1. Как распределяются функции CAD, CAE, CAM и PDM при разработке опоры вала?

В2. Какие виды обеспечения необходимы, чтобы программный пакет работал как часть САПР предприятия?

В3. Какие исходные требования определяют маршрут проектирования и выбор программных средств?

В4. Чем В-гер отличается от CSG и полигонального представления?

В5. Как неверная локальная система координат проявится при импорте детали в сборку или расчётную систему?

В6. Какие дефекты геометрии препятствуют получению замкнутого тела и построению сетки?

В7. Как определить, что эскиз недоопределён или переопределён?

- B8. Почему опора операции на случайное ребро может привести к отказу перестроения?
 B9. Как проверить семейство деталей при изменении одного управляющего размера?
 B10. Как определить оставшиеся степени свободы компонента сборки?
 B11. Чем отличается геометрическое сопряжение в САД от механического контакта в САЕ?
 B12. Почему отсутствие геометрических пересечений ещё не доказывает возможность сборки и работоспособность узла?
 B13. Какие сведения нельзя получить только из трёхмерной формы детали?
 B14. Как проверяют ассоциативность видов и размеров после изменения модели?
 B15. Как согласовать позиции сборки со строками спецификации?
 B16. Какие данные могут потеряться при передаче модели через STEP?
 B17. Почему файл STL обычно не заменяет точную САД-модель для параметрического редактирования?
 B18. Какие отверстия и скругления допустимо удалить перед расчётом и как обосновать это решение?
 B19. При каких предпосылках применим линейный статический расчёт?
 B20. Почему неправильное закрепление может как препятствовать решению, так и давать искусственно завышенную жёсткость?
 B21. Как выбирать между стержневой оболочечной и объёмной моделями одной конструкции?
 B22. Какие проверки выполняют до анализа цветовых полей напряжений?
 B23. Как отличить сеточную сходимость контролируемой величины от сходимости итерационного решателя?
 B24. Почему максимум напряжений у острой кромки закрепления может расти при сгущении сетки?
 B25. Чем верификация расчёта отличается от валидации физической модели?
 B26. При каких условиях допустимо сравнивать массу напряжения и перемещения различных вариантов конструкции?
 B27. Какие файлы и сведения позволяют другому инженеру воспроизвести расчёт?

Расчётные и ситуационные задания

Все числовые данные далее являются учебными условиями заданий. Они не извлечены из аннотации и не задают характеристики реального изделия.

31 Растяжение стержня

Однородный стержень длиной $L = 200$ мм с площадью сечения $A = 100$ мм² растягивается осевой силой $F = 10\,000$ Н. Модуль Юнга $E = 200\,000$ Н/мм². Определить нормальное напряжение и удлинение; назвать допущения и величины для проверки САЕ-модели.

32 Контроль единиц

Геометрия передана в миллиметрах, сила — в ньютонах. В поле модуля Юнга введено 210 вместо 210 000 Н/мм². Для линейной задачи с заданными силами объяснить влияние ошибки на перемещения. Пояснить, почему неизменность напряжений при равномерном масштабировании E не является универсальным правилом для всех постановок.

33 Сеточная сходимость

В трёх расчётах при уменьшении характерного размера элементов получены перемещения 0,420; 0,455; 0,462 мм. Рассчитать относительное изменение между соседними сетками как $|u_2 - u_1|/|u_2| \times 100\%$. Оценить выполнение учебного критерия 2 % для последней пары. Указать, что дополнительно требуется для оценки точности.

34 Выбор допустимого варианта

Для вариантов А, В и С получены масса 1,20; 1,05; 0,98 кг, напряжение в согласованной контрольной области 150; 185; 220 МПа, перемещение 0,40; 0,48; 0,56 мм. Учебные ограничения: напряжение не более 200 МПа, перемещение не более 0,50 мм. Выбрать вариант минимальной массы среди допустимых; сформулировать предел такого вывода.

35 Диагностика модели

При сгущении сетки напряжение на ребре жёсткого закрепления непрерывно растёт, а перемещение и напряжение в удалённом сечении стабилизируются. Предложить план проверки возможной сингулярности и перечислить результаты, которые следует представить в отчёте.

36 Организация изменений

После изменения толщины кронштейна рабочий чертёж обновился, но расчёт использует старую сетку и прежние нагрузки на потерявших связь гранях. Определить порядок обновления проекта и проверки соответствия САД-модели, расчёта и выпущенных документов.

Вопросы для промежуточной аттестации

- A1. Составить маршрут проектирования детали и узла и объяснить обмен данными между подсистемами САПР.
 A2. Обосновать геометрическое представление и стратегию параметрического построения детали.
 A3. Объяснить выбор сопряжений сборки и способы проверки её геометрической корректности.
 A4. Показать связь модели чертежа и спецификации при внесении изменения.
 A5. Обосновать формат передачи геометрии и расчётные упрощения модели.
 A6. Сформулировать линейную статическую задачу и объяснить выбор материалов нагрузок закреплений и сетки.
 A7. Предложить программу аналитической проверки и исследования сеточной сходимости.
 A8. Различить концентрацию напряжений и сингулярность и объяснить ограничения прочностного вывода.
 A9. Сравнить варианты конструкции по заданным ограничениям и описать управление версиями проекта.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

курсовые работы не предусмотрены

5.3. Фонд оценочных средств

1 Паспорт и область применения

Дисциплина «Основы автоматизированного проектирования»; направление 15.03.03 — РФ, 650500 — КР «Прикладная механика»; профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»; 3 курс, 6 семестр. Объём: 18 часов лекций, 36 часов практических занятий и 53,9 часа самостоятельной работы.

Аннотация относит дисциплину к формированию ПК-2 — готовности выполнять научно-исследовательские работы в прикладной механике с применением современных вычислительных методов, вычислительных систем, компьютерных технологий и экспериментального оборудования. В этом ФОС проверяется относящаяся к дисциплине часть ПК-2: компьютерное проектирование и проверяемый инженерный анализ. Проведение физических испытаний отдельным заданием не вводится.

Ниже сформулированы предметные критерии оценки. Они не подменяют отсутствующие в аннотации утверждённые индикаторы компетенции. Коды В, З, А, ПР и Т служат только для навигации по заданиям настоящего документа.

Проверяемый результат Материалы контроля Признак достижения

Организация проектирования В1–В3; ПР-1; А1 Различает подсистемы и задаёт последовательность проектных процедур

Геометрическое и параметрическое моделирование В4–В9; ПР-2–ПР-3; А2 Создаёт корректное тело и

устойчиво изменяет его параметры

Сборка и документация В10–В15; ПР-4–ПР-5; А3–А4 Проверяет сопряжения и согласует модель чертёж и состав изделия

Подготовка и выполнение расчёта В16–В21; ПР-6–ПР-7; А5–А6 Обосновывает идеализацию единицы нагрузки и закрепления

Проверка и интерпретация результатов В22–В25; 31–33 35; ПР-8; А7–А8 Проверяет реакции аналитический ориентир и сеточную сходимость

Выбор варианта и воспроизводимость В26–В27; 34 36; ПР-9; А9 Выбирает допустимый вариант и передаёт согласованный проект

2 Предлагаемая модель оценивания

Модель 100 баллов предложена для согласования с локальным положением КРСУ. Она не объявляется действующей университетской нормой. Устные опросы дают обратную связь без отдельного добавления баллов.

Компонент Содержание Баллы

Текущий контроль Защита ПР-1–ПР-9 по 4 балла 36

Текущий контроль Тест Т1–Т16 по 1 баллу 16

Текущий контроль Защита расчётно-графического проекта 18

Промежуточная аттестация Комплексное задание по одному билету 30

Итого 100

Результаты ПР оцениваются за выполнение отдельных операций, а проект — за их интеграцию, обоснование проверок и выбор конструкции. Баллы за одни и те же файлы без дополнительного оцениваемого действия повторно не начисляются. Предлагаемый положительный результат: не менее 60 из 100 баллов, включая не менее 18 из 30 за комплексное задание, представление всех девяти ПР и выполнение обязательных требований к проекту. Условия допуска, сроки пересдачи и окончательный перевод баллов устанавливаются локальным регламентом после его уточнения.

Если учебным планом установлен зачёт: предлагается «зачтено» при выполнении указанных условий. Если установлена оценочная форма: предлагаются интервалы 85–100 — «отлично», 70–84 — «хорошо», 60–69 — «удовлетворительно», менее 60 либо невыполнение обязательных требований — «неудовлетворительно». Нужный вариант выбирают после подтверждения формы аттестации.

3 Критерии защиты практических работ

Для каждой ПР применяются четыре критерия по 1 баллу. По каждому критерию: 1 балл — результат верен и самостоятельно объяснён; 0,5 — требуется небольшое исправление или уточняющий вопрос; 0 — результат отсутствует либо содержит существенную неустранённую ошибку. Максимум за работу — 4 балла.

Работа Четыре оцениваемых результата

ПР-1 Маршрут; функции подсистем; состав обеспечения; обоснование потока данных

ПР-2 Корректность тела; системы координат; сравнение представлений; контроль размеров и объёма

ПР-3 Эскиз; дерево операций; зависимости параметров; успешное перестроение трёх конфигураций

ПР-4 Состав сборки; сопряжения; степени свободы; проверка пересечений и зазоров

ПР-5 Изображения; размеры и свойства; спецификация; обновление после изменения модели

ПР-6 Передача STEP; контроль геометрии; обоснование упрощений; сохранение расчётно значимых областей

ПР-7 Материал и единицы; нагрузки и закрепления; сетка; реакции и деформированная форма

ПР-8 Аналитический эталон; сопоставление; три сетки; обоснование сходимости и ограничений

ПР-9 Три варианта; единые условия сравнения; выбор допустимого варианта; согласованный комплект файлов

Перед защитой студент предоставляет исходные редактируемые файлы и краткую запись проверки. Для ПР-1 допускается схема маршрута в текстовом или графическом документе. Одних снимков экрана недостаточно для подтверждения редактируемости и воспроизводимости.

4 Тест текущего контроля

16 заданий; один правильный ответ в каждом. Предлагаемая длительность — 20 минут в пределах текущего контроля практических занятий. Правильный ответ — 1 балл; неверный или отсутствующий — 0. Перед проведением ключи студентам не выдаются.

Т1. Какую задачу прежде всего решает САД?

А) Построение геометрии изделия. Б) Управление зарплатой. В) Физическое испытание образца. Г) Архивирование почты.

Т2. К информационному обеспечению САПР относится:

А) Графический монитор. Б) База материалов и стандартных изделий. В) Расписание отпусков. Г) Система охлаждения

компьютера.

T3. В В-гер тело описывается прежде всего:

А) Только набором пикселей. Б) Только массой и плотностью. В) Граними рёбрами вершинами и их связями. Г) Списком технологических станков.

T4. Признак полностью определённого эскиза:

А) Он занимает весь экран. Б) Для его предусмотренной формы не осталось свободных геометрических перемещений. В) Все линии окрашены вручную. Г) Эскиз сохранён в PDF.

T5. Устойчивое дерево модели предпочтительно строить с опорой на:

А) Случайные рёбра импортированного тела. Б) Положение курсора. В) Последний открытый файл. Г) Базовые плоскости и осмысленные зависимости.

T6. Проверка пересечений компонентов позволяет:

А) Обнаружить геометрическое взаимопроникновение. Б) Полностью доказать усталостную прочность. В) Определить предел текучести. Г) Отменить необходимость расчёта.

T7. Ассоциативность чертежа означает:

А) Наличие цветной рамки. Б) Ручное совпадение имён файлов. В) Связь изображений с моделью и возможность их обновления. Г) Сохранение только растровой картинке.

T8. Передача через STEP обычно не гарантирует сохранение:

А) Геометрической формы тела. Б) Исходного дерева параметрических операций. В) Координат геометрии. Г) Поверхностей тела.

T9. Что следует проверить сразу после импорта модели?

А) Только цвет фона. Б) Только название команды импорта. В) Только число открытых окон. Г) Единицы размеры число тел и целостность геометрии.

T10. Если силы заданы в Н, а длины в мм, модуль Юнга задают в:

А) Н/мм². Б) кг/м³. В) мм/с. Г) Н·мм.

T11. Недостаточное закрепление может вызвать:

А) Гарантированное повышение точности. Б) Движение модели как твёрдого тела. В) Устранение всех погрешностей. Г) Автоматическое определение материала.

T12. Удалять малое отверстие перед расчётом допустимо, когда:

А) Оно не видно при уменьшенном масштабе. Б) Оно усложняет название файла. В) Обосновано что оно не влияет существенно на рассматриваемый результат. Г) Сетка получается слишком красивой.

T13. Сеточную сходимость оценивают по:

А) Изменению выбранной величины при последовательном уточнении сетки. Б) Числу цветов на картинке. В) Мощности блока питания. Г) Скорости движения курсора.

T14. Рост пикового напряжения у идеальной острой заделки при сгущении сетки может указывать на:

А) Полное отсутствие нагрузки. Б) Гарантированно неверный модуль Юнга. В) Ошибка невозможна. Г) Сингулярность постановки.

T15. Сравнение с аналитическим решением эталонной задачи прежде всего относится к:

А) Выпуску спецификации. Б) Верификации расчёта. В) Покраске модели. Г) Изменению лицензии.

T16. При выборе самого лёгкого варианта прежде всего нужно:

А) Выбрать наиболее яркую карту напряжений. Б) Исклчить все ограничения. В) Проверить выполнение заданных ограничений в сопоставимых условиях. Г) Удалить историю расчёта.

Ключ к тесту

T1 — А; T2 — Б; T3 — В; T4 — Б; T5 — Г; T6 — А; T7 — В; T8 — Б; T9 — Г; T10 — А; T11 — Б; T12 — В; T13 — А; T14 — Г; T15 — Б; T16 — В.

5 Ориентиры ответов к заданиям

31

Нормальное напряжение $\sigma = F/A = 100 \text{ Н/мм}^2 = 100 \text{ МПа}$. Удлинение $\Delta L = FL/(EA) = 0,10 \text{ мм}$. Предпосылки: центральное растяжение, постоянное сечение, линейная упругость и малые деформации. Проверяют осевое перемещение, среднее напряжение вдали от концов и суммарную реакцию 10 000 Н. В объёмной модели нельзя необоснованно подавлять поперечную деформацию по всей длине.

32

Е занижен в 1000 раз. Для линейной задачи с силовым нагружением и однородным масштабированием жёсткости перемещения увеличиваются в 1000 раз. Вывод о неизменности напряжений требует специальных условий и не переносится автоматически на заданные перемещения, неоднородные материалы, контакты и нелинейные задачи.

33

Для первой пары: $0,035/0,455 \times 100 \% \approx 7,69 \%$. Для второй: $0,007/0,462 \times 100 \% \approx 1,52 \%$. Последняя пара удовлетворяет учебному критерию 2 %. Это не доказывает ошибку менее 2 % относительно точного решения. Нужны проверка постановки, тенденции сходимости и других значимых величин.

34

Варианты А и В удовлетворяют обоим ограничениям. Вариант С нарушает оба. Среди представленных допустимых вариантов выбирают В с массой 1,05 кг. Утверждать глобальный оптимум по трём вариантам нельзя.

35

Проверяют место приложения нагрузки и закрепления, локальную геометрию и характер роста напряжения. Сравнивают реакции, перемещения и напряжения в заранее заданной несингулярной области. При необходимости уточняют физическую модель соединения. Не объявляют пиковое значение достоверным только после увеличения числа элементов.

36

Фиксируют новую ревизию CAD-модели; обновляют геометрию расчёта; заново проверяют именованные области,

материал, нагрузки и закрепления; перестраивают сетку; повторяют решение и проверки; обновляют таблицу вариантов, чертёж, отчёт и состав передаваемых файлов.

При оценке устного ответа по вопросам В1–В27 и А1–А9 проверяют корректность инженерного смысла, причинно-следственное объяснение и применимость к предъявленной модели. Простое перечисление команд без обоснования не подтверждает освоение темы.

6 Расчётно-графический проект

Задание

Разработать параметрическую модель учебного кронштейна с отверстиями крепления, подготовить ассоциативный рабочий чертёж, выполнить линейный статический расчёт и сравнить три варианта толщины. Сборочная часть ПР-4 и спецификация ПР-5 передаются отдельным учебным примером опоры вала; контакты этой сборки не требуются дополнительно рассчитывать.

Учебная геометрия кронштейна: объединение двух прямоугольных пластин в форме буквы Г, перпендикулярных друг другу. Горизонтальная полка занимает $x = 0 \dots 80$ мм, $y = 0 \dots 40$ мм, $z = 0 \dots t$; вертикальная — $x = 0 \dots t$, $y = 0 \dots 40$ мм, $z = 0 \dots 60$ мм. Внутреннее ребро сопряжения скруглить радиусом 5 мм. В вертикальной пластине два сквозных отверстия диаметром 8 мм с осями вдоль x и центрами $y = 10$ и 30 мм, $z = 45$ мм. Толщины вариантов $t = 6, 8$ и 10 мм. Все элементы должны образовывать одно связное тело.

Учебный материал: изотропный линейно-упругий, $E = 210\,000$ Н/мм², $\nu = 0,30$, плотность 7850 кг/м³. Равномерная нагрузка результирующей 500 Н направлена вдоль $-z$ и приложена к верхней грани горизонтальной полки на прямоугольной области $x = 60 \dots 80$ мм, $y = 0 \dots 40$ мм; соответствующее давление — $0,625$ Н/мм². Собственный вес не учитывается.

Для базовой идеализации заднюю поверхность вертикальной пластины $x = 0$ закрепить по всем перемещениям. Отверстия сохранены в геометрии; реальный болтовой контакт этой схемой не воспроизводится. В отчёте объяснить, как данное упрощение влияет на применимость результата. Пики на краях закрепления не использовать без анализа сингулярности.

Учебные ограничения: модуль вертикального перемещения в центре свободной торцевой грани горизонтальной полки не более $0,50$ мм; эквивалентное напряжение по Мизесу не более 160 МПа в заранее выделенной контрольной области. Для одинаковости сравнения область определить как горизонтальную полку при $x = 20 \dots 60$ мм по всей ширине и толщине.

Указать способ извлечения напряжений и использовать его во всех вариантах. Такая локальная проверка не является полной оценкой прочности кронштейна.

Для каждого варианта получить массу, контрольное перемещение и максимум напряжения в указанной области. На базовом варианте $t = 8$ мм выполнить расчёт не менее чем на трёх последовательно уточняемых сетках; если выбранный вариант отличается от базового, подтвердить для него сеточную устойчивость контрольных величин. При изменении любой величины более чем на 2% между последними двумя сетками продолжить уточнение либо обосновать недостижение критерия. Критерий 2% является учебным условием.

До расчёта кронштейна выполнить эталон 31. Выбирать минимальную массу только среди вариантов, удовлетворяющих ограничениям и проверкам. Если ни один вариант не подходит, вывод «допустимый вариант не найден» допустим при корректном обосновании; вымышленные результаты не подставляются.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Устный опрос

Объяснение терминов, проектных решений и ограничений расчётной модели

Тестирование

Проверка понимания структуры САПР, геометрических моделей, параметризации и основ CAD–CAE

Защита практических работ

Демонстрация редактируемых моделей, документации и расчётных проектов

Расчётные и ситуационные задания

Решение задач на размерности, аналитическую проверку, сеточную сходимость и выбор варианта конструкции.

Расчётно-графический проект

Сквозной проект кронштейна, объединяющий модели, документы и результаты расчёта, полученные при практической и самостоятельной работе.

Комплексное аттестационное задание

Теоретический ответ, решение задачи и демонстрация изменения модели.

Самостоятельные работы контролируются через материалы практических работ и сквозного проекта.

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

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
ЛП.1	Сирота А.А.	Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем: учебное пособие	М.: Техносфера 2006

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
ЛП.2.1	Алгазинов Э.К., Сирота А.А., Сирота А.А.	Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем: учебное пособие	2009: Диалог-МИФИ 2009

6.1.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
ЛЗ.1	Козлов П.В.	Компьютерное моделирование и визуализация физических процессов в MATLAB: учебно-методическое пособие	Бишкек: Изд-во КРСУ 2008
6.3. Перечень информационных и образовательных технологий			
6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии			
6.3.1.1	КОМПАС-3D		
6.3.1.2	Параметрические модели деталей и сборок, ассоциативные чертежи и спецификации; основная САД-среда для ПР-2–ПР-6 и ПР-9.		
6.3.1.3	https://kompas.ru/		
6.3.1.4	Ansys Mechanical в среде Ansys Workbench		
6.3.1.5	Линейный статический конечно-элементный анализ, подготовка сеток и исследование сходимости; САЕ-среда для ПР-7–ПР-9. Состав доступных возможностей зависит от установленной редакции.		
6.3.1.6	https://www.ansys.com/products/structures/ansys-mechanical		
6.3.1.7	LibreOffice Writer Calc и Impress		
6.3.1.8	Текст отчёта, таблицы вариантов, вычисление относительных изменений, графики сходимости и материалы защиты.		
6.3.1.9	https://www.libreoffice.org/		
6.3.1.10			
6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения			
6.3.2.1	ПОЛИНОМ MDM Материалы и Сортаменты		
6.3.2.2	Справочная база марок материалов, сортаментов и физико-механических свойств для выбора исходных данных проекта. Используется при наличии доступа к системе.		
6.3.2.3	https://ascon.ru/products/1342/		
6.3.2.4	ПОЛИНОМ MDM Стандартные изделия		
6.3.2.5	База стандартных деталей и конструктивных элементов для сборочной модели и спецификации; подключение зависит от состава установленного комплекса.		
6.3.2.6	https://ascon.ru/products/1344/		
6.3.2.7	eLIBRARY RU		
6.3.2.8	Поиск публикаций по САД/САЕ, параметрическому моделированию и прикладной механике. Доступ к полным текстам зависит от регистрации и условий конкретного издания; наличие университетской подписки не установлено.		
6.3.2.9	https://www.elibrary.ru/		
6.3.2.10	КиберЛенинка		
6.3.2.11	Поиск открытых научных статей по автоматизированному проектированию и инженерным расчётам. Оценивать качество конкретной публикации и её соответствие задаче.		
6.3.2.12	https://cyberleninka.ru/		
6.3.2.13			
6.3.2.14	Официальная справка АСКОН по КОМПАС-3D		
6.3.2.15	Команды, ограничения, параметризация, сборки и оформление документов. Использовать раздел для установленной версии.		
6.3.2.16	https://help.ascon.ru/		
6.3.2.17	Ansys Help и Ansys Innovation Courses		
6.3.2.18	Описание постановок расчёта, элементов и процедур проверки; учебные материалы по сеточной сходимости и сингулярностям.		
6.3.2.19	https://ansyshelp.ansys.com/		
6.3.2.20	Каталог межгосударственных стандартов МГС		

6.3.2.21	Поиск обозначений и статуса межгосударственных стандартов. Национальное введение документа проверяется отдельно для страны применения; автоматическая применимость в РФ и КР не предполагается.
6.3.2.22	https://easc.by/informatsionnye-resursy/katalogi-standartov

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Работа с лекционным материалом

Перед лекцией просмотрите название и вопросы темы. Вспомните связанные понятия инженерной графики, сопротивления материалов и трёхмерного моделирования. В конспекте записывайте определения, принятые допущения, связи между этапами проектирования и причины выбора метода. Названия кнопок и команд уточняйте по справке установленной версии программы.

После лекции составьте короткую схему изученного процесса: какие данные поступают на вход, какие действия выполняет инженер и какой результат должен быть проверен. Для каждого нового понятия приведите пример детали или узла. Отмечайте вопросы, на которые не можете ответить без конспекта, и обсуждайте их на консультации.

Подготовка к практическим занятиям

Изучите соответствующую лекцию и условия работы. Проверьте доступность программ и право их использования, создайте отдельную папку проекта. Зафиксируйте единицы измерения, обозначение детали, входные размеры и версию программы. Не начинайте построения до того, как определены базовые плоскости и последовательность основных операций.

При работе с эскизом последовательно устраняйте лишние степени свободы. Предпочитайте понятные размеры и геометрические зависимости случайной фиксации всех объектов. После добавления операции проверяйте дерево модели.

Измените один управляющий параметр и убедитесь, что модель перестраивается предсказуемо.

В сборке сначала задайте базовый компонент, затем сопряжения и необходимые степени свободы. Проверьте пересечения и зазоры. При получении чертежа убедитесь, что изображения раскрывают форму, а размеры и обозначения позволяют изготовить и проконтролировать деталь. После изменения модели обновляйте связанные документы и спецификацию.

Подготовка и проверка расчёта

До запуска решателя запишите физическую задачу словами: что деформируется, из какого материала, как закреплено и чем нагружено. Отдельно перечислите упрощения. Согласуйте единицы геометрии, упругих характеристик, плотности и нагрузок. При передаче модели проверьте размер, число тел и отсутствие дефектов импорта.

Не заменяйте реальное соединение жёстким креплением без объяснения. Не удаляйте отверстия или скругления только ради уменьшения сетки: сначала оцените их влияние на исследуемый результат. Выберите наблюдаемые величины и контрольные области до сравнения сеток и вариантов.

После решения проверьте суммарные реакции, направления перемещений и масштаб деформации. Затем сравните результат с аналитическим ориентиром. Выполните последовательное уточнение сетки и сохраните данные каждой сетки. Указывайте способ усреднения и извлечения напряжений. Красивое цветовое поле не заменяет проверку постановки и результатов.

Организация самостоятельной работы

Выполняйте СР-1–СР-9 по мере прохождения лекций. В пределах выделенных часов завершайте подготовку моделей, обработку расчётов и оформление проекта. Для каждого этапа сохраняйте короткую запись: что изменено, почему и как проверено. Сравнивая три конструкции, используйте одинаковые свойства материала, нагрузки, схему закрепления и правила оценки результатов.

Справочные значения выписывайте вместе с источником, единицами и условиями применимости. Не переносите без проверки свойства другой марки материала или значения, относящиеся к иной температуре. В статье различайте авторский результат, допущение и справочные сведения. Заимствованные модели и иллюстрации сопровождайте ссылкой.

Оформление отчёта и файлов

Рекомендуемая структура отчёта: исходная задача; геометрия и параметры; расчётная схема и допущения; проверки; результаты трёх вариантов; выбор конструкции; ограничения; источники. На рисунках обозначайте единицы, направление нагрузки и закреплённые поверхности. Таблицы сходимости должны содержать размер сетки или число элементов, значения контрольных величин и относительное изменение.

Храните исходные CAD-файлы, чертежи, расчётные проекты и отчёт в отдельных подпапках одного проекта. Используйте понятные имена с номером варианта и ревизией. Перед передачей проверьте открытие сборки со всеми компонентами и доступность расчётных результатов. Снимки экрана прикладывайте как пояснение к исходным файлам.

Подготовка к контролю и защите

Используйте вопросы В1–В27 для текущей проверки, вопросы А1–А9 — для целостного объяснения проектного процесса. Самостоятельно решите З1–З6, затем сопоставьте ход решения с ориентирами ответов. На защите будьте готовы изменить размер детали, показать обновление документации, объяснить нагрузки и крепления и воспроизвести получение контрольного результата.

Если результат вызывает сомнение, зафиксируйте проблему и проверьте исходные данные. Не подменяйте отсутствующий расчёт ожидаемыми числами. Обоснованное указание границ применимости модели является частью инженерного результата.