Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Министерство науки, высшего образования и инноваций
Кыргызской Республики

Межгосударственная образовательная организация высшего образования Кыргызско-Российский Славянский университет

имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Высшая школа Природопользования, мехатроники и транспорта

Фонд
оценочных средств

по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация

бакалавр

2026 г.

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР «Прикладная механика», профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг», по программе бакалавриата КРСУ в соответствии с ФГОС 3++ по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования».

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании

Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта

протокол № 1 от «2 » сентября 2026 г.

Руководитель подразделения

_____ Алсеитов Мирлан Тилегенович
подпись *расшифровка подписи*

Исполнители:
к.ф.-м.н. _____ Герман Константин Анатольевич
должность *подпись* *расшифровка подписи*

к.т.н. _____ Джаманкулов Азамат Кенешбекович
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по образовательной деятельности
Политехнического института

_____ Комарцов Никита Михайлович
личная подпись расшифровка подписи

Содержание

Сведения о дисциплине
1 Перечень компетенций и этапы формирования
2 Технологическая карта дисциплины
3 Типовые контрольные задания и оценочные материалы
4 Методические материалы и процедуры оценивания
5 Методические указания для обучающегося

Сведения о дисциплине

Параметр	По рабочей программе
Наименование	Основы автоматизированного проектирования
Направление и профиль	15.03.03 — РФ, 650500 — КР «Прикладная механика»; «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»
Квалификация и форма	Бакалавр; очная; 3 курс, 6 семестр; 16 недель
Место в ООП	Б1.В.1.
Трудоёмкость	3 ЗЕТ;108 ч: лекции18, практические36, СРС53,9, дополнительная контактная работа КрТО0,1; аудиторные54, контактные54,1.
Форма аттестации	Зачёт с оценкой в6 семестре по титульной таблице РПД. Формулировка «проведение зачета» в строке3.10 не меняет указанную форму.
Составители РПД и исполнители ФОС	к.ф.-м.н. Герман Константин Анатольевич; к.т.н. Джаманкулов Азамат Кенешбекович.

1 Перечень компетенций и этапы формирования

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.

Уровень 1 по РПД: знать основные направления и специфику выполнения расчётно-экспериментальных работ с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоёмких компьютерных технологий в области прикладной механики; уметь выполнять такие работы; владеть методами их проведения. Уровни 2–3 в РПД не заполнены. В данной дисциплине оценивается предметная часть ПК-2 — проектирование и проверяемый компьютерный анализ; физические испытания и работа на высокопроизводительной системе отдельными заданиями не вводятся.

Предметные результаты РПД: 3.1.1 — знать сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и соответствующий физико-математический аппарат для их решения. 3.2.1 — уметь применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчёты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати. 3.3.1–3.3.2 — владеть навыками проектирования деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем, например, КОМПАС, AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, Solid Edge и др.) на основе эффективного сочетания передовых CAD-технологий и выполнения многовариантных CAE-расчётов (например, ANSYS, COSMOS, Femap, MSC.Patran/Nastran и др.). Продолжение одного предложения 3.3.1 в строке 3.3.2 объединено без добавления нового результата. Рефераты и статьи как отдельный дополнительный вид отчётности не назначаются: офисные навыки проявляются в отчёте, таблицах и материалах защиты С1.

Показатель и результат	Начальный этап ТК и письменный РК	Базовый этап зачёт с оценкой
Р1 Организация и геометрия;3.1.1	В1–В9,Т1–Т5;ПР-1–3;РК1-А/Б,РК2-А	А1–А2;З2;Д1–Д2
Р2 Сборка и документы;3.2.1,3.3.1	В10–В15,Т6–Т7;ПР-4–5;С1;РК2-А/Б	А3–А4;З6;Д3–Д4
Р3 Подготовка модели и постановка;3.1.1,3.3.1–2	В16–В21,Т8–Т12;ПР-6–7;С1;РК3-Б	А5–А6;З1–З2;Д5–Д6
Р4 Проверка и пределы;3.1.1,3.3.2	В22–В25,Т13–Т15;З1–З3,З5;ПР-8;С1;РК3-А/Б	А7–А8;З1–З3,З5;Д6–Д7
Р5 Варианты и воспроизводимость;3.2.1,3.3.1–2	В26–В27,Т16;З4,З6;ПР-9;С1;РК3-А/Б	А9;З4,З6;Д8–Д9

Р1–Р5 и шифры заданий — внутренняя навигация, не утверждённые индикаторы. Начальный этап формируется на текущих и рубежных заданиях; базовый — на комплексной аттестации. Репродуктивные знания проверяются В/Т, применение и реконструкция — З/ПР, интеграция и критическая оценка — С1/D. Компетенция в целом оценивается по совокупности дисциплин и практик.

2 Технологическая карта дисциплины

Распределение из раздела 5.3 РПД прямо названо предложением, а не утверждённой нормой. Для согласования сохранены веса практических работ 36, проекта 18 и аттестации 30.

Вес теста 16 разделён на тест 8 и три письменных РК с весами 2, 3 и 3: это обеспечивает обязательную письменную форму РК по п.3.3 Положения без увеличения общего рейтинга. Схема 70/30 взята из данной РПД, а не из примера другой дисциплины. Устные опросы и проверка СРС дают обратную связь без повторного начисления баллов.

Модуль по РПД	**Л/Пр/СРС ч**	**Контроль и сроки по последовательности работ**	**Баллы min–max**
1 Организация САПР и геометрия	4/8/12	ПР-1–2 по4;В1–В6;РК1 после ПР-2 —2	0–10
2 Параметризация и документация	6/12/18	ПР-3–5 по4;В7–В15;РК2 после ПР-5 —3	0–15
3 Интеграция CAD–CAE и достоверность	8/16/23,9	ПР-6–9 по4;тестТ1–Т16 в ПР-8 —8;РК3 после ПР-9 —3;защитаС1 в финальной части ПР-9 —18	0–45
Семестровая работа	18/36/53,9	ПР36+Т8+РК1 2+РК2 3+РК3 3+С1 18	0–70
Зачёт с оценкой	КрТО0,1	Один билет: теория10+задача10+изменение модели10	0–30
Итого	108 ч	R=ΣПР+0,5Т+0,1РК1+0,15РК2+0,15РК3+С1+D	0–100

Т — первичная сумма 0–16; каждый РК —0–20; ПР — первичные баллы 0–4; С1 —0–18; D —0–30. Все минимумы в карте означают нижнюю границу начисления 0, а не дополнительный порог допуска. Предложенные в РПД требования 18/30 за аттестацию и предъявления всех ПР как самостоятельные условия положительной оценки не вводятся: Положение их не устанавливает. Итоговые границы 85/70/60 сохранены. Доступ к РК безусловный, независимо от посещаемости и выполнения других работ.

3 Типовые контрольные задания и оценочные материалы

Блок А Проверка знаний

А1 Вопросы текущего и рубежного контроля

Вопросы В1–В27 перенесены из раздела 5.1 РПД. Опрос: один вопрос, до 3 минут, разрешена демонстрация собственного файла; объяснение индивидуальное. Текущие опросы не прибавляют отдельные баллы. В письменном РК конкретный вопрос и его вес указаны в варианте.

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 B-rep 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?

В8. Почему опора операции на случайное ребро может привести к отказу перестроения?

В9. Как проверить семейство деталей при изменении одного управляющего размера?

В10. Как определить оставшиеся степени свободы компонента сборки?

В11. Чем отличается геометрическое сопряжение в CAD от механического контакта в CAE?

В12. Почему отсутствие геометрических пересечений ещё не доказывает возможность сборки и работоспособность узла?

В13. Какие сведения нельзя получить только из трёхмерной формы детали?

В14. Как проверяют ассоциативность видов и размеров после изменения модели?

В15. Как согласовать позиции сборки со строками спецификации?

В16. Какие данные могут потеряться при передаче модели через STEP?

В17. Почему файл STL обычно не заменяет точную CAD-модель для параметрического редактирования?

В18. Какие отверстия и скругления допустимо удалить перед расчётом и как обосновать это решение?

В19. При каких предпосылках применим линейный статический расчёт?

В20. Почему неправильное закрепление может как препятствовать решению, так и давать искусственно завышенную жёсткость?

В21. Как выбирать между стержневой оболочечной и объёмной моделями одной конструкции?

В22. Какие проверки выполняют до анализа цветовых полей напряжений?

В23. Как отличить сеточную сходимость контролируемой величины от сходимости итерационного решателя?

В24. Почему максимум напряжений у острой кромки закрепления может расти при сгущении сетки?

В25. Чем верификация расчёта отличается от валидации физической модели?

В26. При каких условиях допустимо сравнивать массу напряжения и перемещения различных вариантов конструкции?

В27. Какие файлы и сведения позволяют другому инженеру воспроизвести расчёт?

А2 Тест текущего контроля

Т1–Т16 из РПД; один правильный ответ в каждом,20 минут, индивидуально без справок, Интернета и консультаций. Отметить одну букву. 1 первичный балл за верный ответ,0 за неверный, отсутствующий или несколько отмеченных. Максимум 16, в рейтинг 0,5 Т (до 8). Исправление допускается однозначным зачёркиванием и окончательной отметкой до сдачи.

Т1. Какую задачу прежде всего решает CAD? 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.

Т3. В B-rep тело описывается прежде всего: А) Только набором пикселей. Б) Только массой и плотностью. В) Гранями рёбрами вершинами и их связями. Г) Списком технологических станков.

Т4. 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.

Т5. 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.

Т6. Проверка пересечений компонентов позволяет: А) Обнаружить геометрическое взаимопроникновение. Б) Полностью доказать усталостную прочность. В) Определить предел текучести. Г) Отменить необходимость расчёта.

Т7. 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 картинки.

Т8. Передача через STEP обычно не гарантирует сохранение: А) Геометрической формы тела. Б) Исходного дерева параметрических операций. В) Координат геометрии. Г) Поверхностей тела.

Т9. 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.

Т10. 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.

Т11. Недостаточное закрепление может вызвать: А) Гарантированное повышение точности. Б) Движение модели как твёрдого тела. В) Устранение всех погрешностей. Г) Автоматическое определение материала.

Т12. 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.

Т13. 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.

Т14. 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.

Т15. Сравнение с аналитическим решением эталонной задачи прежде всего относится к: А) Выпуску спецификации. Б) Верификации расчёта. В) Покраске модели. Г) Изменению лицензии.

Т16. При выборе самого лёгкого варианта прежде всего нужно: А) Выбрать наиболее яркую карту напряжений. Б) Исключить все ограничения. В) Проверить выполнение заданных ограничений в сопоставимых условиях. Г) Удалить историю расчёта.

Блок В Проверка умений

В1 Расчётные и ситуационные задания

З1–З6 из РПД. Задачи используются для подготовки, ПР, РК и аттестации по указанным связям; самостоятельное решение дополнительно баллов не даёт. Разрешён непрограммируемый калькулятор; записать ход, единицы, проверку и границы вывода. На аттестации —до 15 минут подготовки одной задачи; на РК время входит в общие 45 минут. При текстовой ситуации требуется упорядоченный план с проверяемыми действиями.

З1 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 CAE-модели.

З2 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.

З3 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.

З4 Выбор допустимого варианта

Для вариантов A, B и C 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.

З5 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.

З6 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 CAD-модели, расчёта и выпущенных документов.

В2 Практические работы

Условия ниже конкретизируют ПР-1–ПР-9 разделов 4 и 5.3 РПД. Это авторская детализация учебных данных, не утверждённая производственная документация. Единицы геометрии —мм, сил —Н, упругих напряжений —МПа=Н/мм²; иную согласованную систему явно указать. КОМПАС-3D используется для CAD, Ansys Mechanical/Workbench —для CAE, LibreOffice —для отчёта и таблиц. Иная доступная эквивалентная среда допускается при воспроизводимом выполнении тех же действий. Названия команд сверяют с установленной версией. В исходных файлах сохранить редактируемость, версии ПО и относительные пути связей.

ПР-1 Маршрут проектирования опоры вала

Строка 1.2 РПД; 4 ч. Учебный узел — опора вала: корпус с отверстием, вал и два дистанционных кольца; геометрия ПР-4. Требования: вал номинального диаметра 20 мм, корпус 40×40×40 мм; нужны редактируемая сборка, спецификация и проверяемая передача данных. Составить маршрут от требований до передачи проекта: вход, действие инженера, подсистема CAD/CAE/CAM/PDM, выходной файл и проверка на каждом шаге. CAM обозначить как место подготовки технологии без выполнения обработки или задания ЧПУ. Указать семь видов обеспечения САПР; сравнить две схемы обмена — нативные файлы и STEP с сопроводительным паспортом. Обосновать выбор по сохранности геометрии, редактируемости и воспроизводимости. Сдать схему и таблицу входов/выходов; предъявить связь с требованиями, а не только список программ.

Четыре критерия по 0–1: Маршрут; Функции подсистем; Состав обеспечения; Обоснование потока данных. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-2 Геометрические представления и системы координат

Строка 1.4 РПД; 4 ч. Построить брусок 80×40×10 мм (x=0…80, y=0…40, z=0…10) с двумя сквозными отверстиями Ø10 мм вдоль z, центры (20; 20) и (60; 20). Материал для массы: 7850 кг/м³. Сравнить каркасное, поверхностное и твердотельное представления этой формы: какие данные доступны в каждом, что нужно для замкнутого объёма. В отдельной копии повернуть тело на +90° вокруг глобальной оси z по правилу правой руки, затем перенести на (100; 0; 0) мм. Проследить точку P=(10; 20; 5) мм. Определить объём, массу и центр масс до преобразования; проверить их изменение или инвариантность после него. Сдать исходный файл, копию и протокол размеров, координат и свойств. Каркас/поверхности разрешается показать отдельными представлениями с объяснением замкнутости; не выдавать незамкнутую оболочку за тело.

Четыре критерия по 0–1: Корректность тела; Системы координат; Сравнение представлений; Контроль размеров и объёма. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-3 Параметрическая модель кронштейна

Строка 2.2 РПД; 4 ч. Построить кронштейн по полной геометрии С1 ниже. Главный параметр t; конфигурации 6, 8 и 10 мм. Радиус 5 мм и отверстия Ø8 мм сохраняются. Задать размеры и зависимости, показать число оставшихся степеней свободы основных эскизов, дерево операций и базовые ссылки. Поочерёдно перестроить три конфигурации, проверить одно связное тело, толщины, отверстия и объём. В отдельной копии ввести конфликтующий дублирующий размер эскиза, диагностировать конфликт и удалить только лишнюю связь; вернуть корректную модель. Сдать три конфигурации либо таблицу параметров, протокол перестроения и исправления. Конфликт не оставлять в передаваемой рабочей версии.

Четыре критерия по 0–1: Эскиз; Дерево операций; Зависимости параметров; Перестроение трёх конфигураций. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-4 Сборочная модель опоры вала

Строка 2.4 РПД; 4 ч. Учебная сборка, все размеры в мм: корпус — куб x=0…40, y=−20…20, z=0…40 со сквозным отверстием Ø20,4 вдоль x при y=0, z=25; вал — цилиндр Ø20 от x=−10 до 50 с той же осью. Два кольца: наружный диаметр 30, внутренний 20,4, длина 5; интервалы x=−5…0 и 40…45. Это условный геометрический пример без моделирования крепежа, подшипников и физического удержания вала. Корпус — базовый фиксированный компонент. Установить соосность вала и отверстия и положение середины вала при x=20; оставить вращение вокруг x. Кольца расположить соосно и торцами к корпусу. Проверить пересечения и номинальные зазоры, перечислить оставшиеся свободы каждого компонента и отличие CAD-связей от физического контакта. Для осесимметричных колец допустимо сохранить вращение либо зафиксировать ориентацию с объяснением. Сдать четыре компонента в сборке с зависимостями и протоколом проверки. Реальную работоспособность такой схемой не доказывать.

Четыре критерия по 0–1: Состав сборки; Сопряжения; Степени свободы; Пересечения и зазоры. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-5 Ассоциативный чертёж и спецификация

Строка 2.6 РПД; 4 ч. Использовать модель кронштейна t=8 из ПР-3 и сборку ПР-4. Создать ассоциативный рабочий чертёж кронштейна: достаточные виды и разрез, габариты, t, R5, диаметры и положение отверстий, обозначение и свойства учебной детали. Спецификацию составить для отдельной сборки опоры: корпус, вал, два одинаковых кольца; согласовать позиции и количество. Различать управляющий размер модели и требование чертежа. Поскольку допуски, посадки и шероховатость реального изделия не заданы, не объявлять учебный чертёж готовым к производству; недостающие требования перечислить в пояснении. На копии изменить t с 8 до 10, обновить виды и размер толщины, про-

верить остальные размеры и утраченные ссылки. Сдать редактируемый чертёж, PDF, спецификацию и запись ревизии; собрать ссылки на модели.

Четыре критерия по 0–1: Изображения; Размеры и свойства; Спецификация; Обновление после изменения. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-6 Обмен STEP и расчётные упрощения

Строка 3.2 РПД; 4 ч. Экспортировать кронштейн t=8 в STEP и импортировать в отдельный проект CAD/CAE. До и после сравнить единицы, ориентацию, число тел, габариты и объём; записать формат, доступную редакцию экспорта и параметры точности. Допустимый относительный разрыв объёма для учебного контроля —0,1%; при превышении искать причину, а не исправлять массу вручную. Проверить, сохранилась ли история параметрических операций. В отдельных исследовательских копиях удалить фаску, если она была добавлена автором, и отдельно предложить удаление отверстий или R5; до решения обосновать влияние каждой операции на цель расчёта. Базовую геометрию С1 сохранить полностью. Подготовить именованные области нагрузки, закрепления и контроля; не назначать нагрузки только по случайным номерам граней. Сдать STEP, нативную модель, паспорт импорта и перечень допустимых/недопустимых упрощений. Выполнение дополнительного расчёта изменённых копий не требуется.

Четыре критерия по 0–1: Передача STEP; Контроль геометрии; Обоснование упрощений; Расчётно значимые области. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-7 Линейный статический расчёт кронштейна

Строка 3.4 РПД; 4 ч. До первого запуска кронштейна выполнить численный эталон З1 по постановке ПР-8 и проверить результат; оформление и оценка этой проверки относятся к ПР-8 без повторных баллов. Затем подготовить и решить базовую задачу С1 для t=8: E,ν, плотность, нагрузка, закрепление и области точно заданы ниже. Зафиксировать малые перемещения и линейную упругость, тип и порядок объёмных элементов, начальный размер и локальное сгущение. Отверстия и R5 сохранить. Проверить сетку и отсутствие несвязных тел. До анализа напряжений вывести суммарные силы и моменты реакций, направление перемещений, деформированную форму и единицы. Сдать редактируемый расчётный проект, параметры решателя, журнал сообщений и таблицу контрольных величин; не называть единственную сетку доказательством точности. 2 часа интерактивной работы по строке 3.4 РПД входят в эти 4 часа: взаимная проверка постановки в парах, решение и оценка индивидуальные.

Четыре критерия по 0–1: Материал и единицы; Нагрузки и закрепления; Сетка; Реакции и деформированная форма. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-8 Верификация и сеточная сходимость

Строка 3.6 РПД; 4 ч. Сначала воспроизвести З1 численно: стержень длиной 200 мм с квадратным сечением 10×10 мм, E=200000 МПа, ν=0,30; ось x, сила 10000 Н равномерно по торцу x=200. На торце x=0 запретить ux, дополнительные минимальные связи убрать жёсткие поперечные перемещения и поворот, не подавляя поперечное сжатие всей поверхности. Возможны симметрия или эквивалентные связи с пояснением. Сопоставить удлинение, среднее осевое напряжение вне концов и реакцию с З1, указать абсолютную и относительную ошибки. Затем на базовом кронштейне выполнить не менее трёх последовательных сеток, сохраняя порядок элементов, постановку, области и способ извлечения величин. Начальные размеры допускаются 4; 2; 1 мм при достаточных ресурсах; локальное сгущение выбирать по геометрии. Сравнить u и σ по С1, вычислить изменения, проанализировать пики у закрепления. Если последняя пара не соответствует 2%, продолжить либо обосновать ограничение; отрицательный результат не скрывать. Сдать таблицы и графики, проекты сеток, вывод о пределах проверки. Сам по себе эталон стержня не валидирует кронштейн.

Четыре критерия по 0–1: Аналитический эталон; Сопоставление; Три сетки; Сходимость и ограничения. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

ПР-9 Три варианта и согласованный комплект проекта

Строка 3.8 РПД; 4 ч. Выполнить расчёты С1 для t=6; 8; 10 при одинаковых условиях; собрать таблицу массы, u,σ и статуса ограничений. Для базового и выбранного отличного от базового варианта подтвердить сходимость по С1. Выбрать минимальную массу только среди подтверждённых допустимых вариантов или обосновать отсутствие допустимого. Подготовить согласованный комплект нативных моделей, STEP, чертежа, отдельной сборки со спецификацией, расчётных проектов, исходных таблиц и отчёта. Проверить открытие на другом рабочем месте/в другой папке без потерянных ссылок и соответствие ревизий. Сдать журнал проверки комплектности. Отдельные операции оцениваются здесь как ПР-9, интеграция, критический анализ и новая демонстрация изменения — на защите С1; повторных баллов только за наличие тех же файлов нет.

Четыре критерия по 0–1: Три варианта; Единые условия сравнения; Выбор допустимого варианта; Согласованный комплект файлов. Максимум 4; единая рубрика раздела 4.

Блок С Владение методами и интеграция результатов

С1 Расчётно графический проект кронштейна

Задание и числовые данные —раздел 5.3 РПД; реализуется последовательно в ПР-3,5–9 и СРС, отдельным курсовым проектом не является. Сборка опоры и её спецификация передаются как отдельный пример ПР-4–5. Результаты реального CAE-запуска студент получает самостоятельно; численные поля нельзя заменять предполагаемыми значениями.

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 требуется дополнительно рассчитывать.

Учебная геометрия кронштейна: объединение двух прямоугольных пластин в форме буквы Г, перпендикулярных друг другу. Горизонтальная полка занимает x = 0…80 мм, y = 0…40 мм, z = 0…t; вертикальная — x = 0…t, y = 0…40 мм, z = 0…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, ν = 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…80 мм, y = 0…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 кромках 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…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 З1. 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.

Уточнение единообразия контроля: точка перемещения —центр свободной торцевой грани, P=(80; 20; t/2) мм; оценивать |uz|, а не максимум полного перемещения по всей детали. Область напряжений —материал полки 20≤x≤60,0≤y≤40,0≤z≤t. Один согласованный способ извлечения: максимум неусреднённых эквивалентных напряжений в точках интегрирования элементов, чьи центры находятся в этой области; описать принятую выборку. Если ПО предоставляет иной способ, явно зафиксировать его и повторить одинаково для всех сеток и вариантов, не смешивать результаты. При оценке границы области учитывать фактическое положение точек, чтобы максимум не менялся только из-за смены выборки. Критерий 2% проверять отдельно для |uz(P)| и σ, нормируя более тонкой сеткой. Равновесие проверять также по моментам, а не только сумме сил.

Обязательная структура представления: исходные данные и допущения; параметрическая геометрия; чертёж; отдельная сборка/спецификация; паспорт CAD–CAE; постановка и сетки; эталонЗ1; таблицы сходимости; три варианта; выбор и ограничения; источники и паспорт файлов. Отчёт 6–10 страниц без приложений, таблицы и графики в редактируемом виде; объём —рекомендация для планирования, не самостоятельный порог оценки. На защите до 7 минут: показать маршрут от исходных данных к выбору, объяснить отличие проверенного от предполагаемого, затем в копии t=8 изменить диаметр отверстий 8→9 мм, обновить чертёж и показать, какие расчётные назначения и результаты требуют пересмотра. Новое решение CAE во время защиты не требуется; старое не выдаётся за актуальное. ЗащитаС1 оценивает интеграцию и это новое действие, а не повторное наличие файлов ПР.

С2 Письменный рубежный контроль

Три обязательных письменных РК, по одному на каждый модуль (3 ЗЕТ —3 модуля); по одному из двух равнозначных вариантов. Каждый —45 минут и первичный максимум 20. РК1 даёт 0,1×сумма (до 2), РК2 и РК3 —по 0,15×сумма (до 3 каждый). Разрешены калькулятор и выданные условия ПР/З без ответов; справки, файлы готовых решений и Интернет не используются. Письменный лист содержит ФИО, вариант, объяснения, вычисления, единицы и вывод. Устная защита не заменяет письменный РК. Допуск безусловный по п.3.3 Положения.

РК1-А

В2: объясните семь видов обеспечения и их связь с маршрутом опоры (6). По ПР-2 аналитически вычислите объём и массу бруска с отверстиями, запишите единицы и независимую проверку (8). По В1–В3 составьте последовательность проектных процедур для опоры и укажите входы, выходы и проверки обмена (6).

РК1-Б

В4: сравните B-rep, CSG и полигональную форму с точки зрения дальнейшего редактирования (6). Для преобразования ПР-2 запишите правило изменения координат точки P и проверьте сохранение объёма (8). По В5–В6 предложите порядок диагностики неверной ориентации и разомкнутой импортированной геометрии (6).

РК2-А

По В7–В8 объясните причины недоопределения, переопределения и потери опор в дереве модели (6). Для учебной пластины без отверстий и скруглений 80×40×t мм при плотности 7850 кг/м³ найдите массу для t=8 и t=10 и относительное изменение массы; укажите границы такой проверки параметризации (8). По В13–В15 и ПР-5 опишите обновление модели, чертежа и спецификации и различие геометрии с техническими требованиями (6).

РК2-Б

По В10–В11 объясните различие геометрического сопряжения и механического контакта (6). Для ПР-4 перечислите исходные и оставшиеся степени свободы вала после соосности и осевой установки, найдите диаметральный и радиальный зазоры; поясните допустимое вращение колец (8). По В13–В15 опишите проверку состава спецификации и потерянных ссылок после изменения геометрии (6).

РК3-А

Объясните различие верификации и валидации и состав проверок перед цветовой картой, используя В22–В25 (6). Выполните З3 с двумя относительными изменениями и выводом о критерии 2% (8). Выполните З6: письменный маршрут обновления геометрии, назначений, сетки, расчёта и документации с контролем ревизии (6).

РК3-Б

Объясните выбор идеализации и границы линейной статической модели по В19–В21 (6). Выполните З4 с проверкой каждого ограничения и пределом вывода о минимуме (8). Выполните З5: план диагностики сингулярности и перечень сохраняемых результатов (6).

Блок D Промежуточная аттестация

D1 Теоретические вопросы

А1. Составить маршрут проектирования детали и узла и объяснить обмен данными между подсистемами САПР.

А2. Обосновать геометрическое представление и стратегию параметрического построения детали.

А3. Объяснить выбор сопряжений сборки и способы проверки её геометрической корректности.

А4. Показать связь модели чертежа и спецификации при внесении изменения.

А5. Обосновать формат передачи геометрии и расчётные упрощения модели.

А6. Сформулировать линейную статическую задачу и объяснить выбор материалов нагрузок закреплений и сетки.

А7. Предложить программу аналитической проверки и исследования сеточной сходимости.

А8. Различить концентрацию напряжений и сингулярность и объяснить ограничения прочностного вывода.

А9. Сравнить варианты конструкции по заданным ограничениям и описать управление версиями проекта.

D2 Практическое изменение модели

Д1–Д9 —авторские конкретизации демонстрации изменения модели, предусмотренной РПД. Все размеры в мм. Каждое задание выполняется на отдельной копии; исходная простая геометрия строится по данному условию, готовый проект не является условием выдачи билета. Сохранить нативные исходный и изменённый файлы и короткий протокол

проверки. Для заданияД6 достаточно CAD-подготовки и записи постановки; новый CAE-запуск на аттестации не предусматривается.

Д1. Создать параметрический брусок 40×20×5 мм, привязав эскиз к началу координат. Изменить длину 40→50 мм. Показать дерево, состояние эскиза и обновлённые габариты; сохранить обе ревизии.

Д2. Построить брусок 20×10×5 мм с углом в начале координат. На копии повернуть на +90° вокруг z, затем перенести на(30; 0; 0) мм. Показать положение точки P=(20; 10; 5) и сравнить объёмы до/после.

Д3. Создать соосную пару: вал Ø20 длиной 40 мм и кольцо Ø30/Ø20,4 толщиной 5 мм, расположенное посередине вала. Зафиксировать вал, поставить кольцо соосно и торцом на расстоянии 17,5 мм от начала вала. Показать оставшееся вращение, проверить зазор и отсутствие пересечения.

Д4. Создать пластину 40×20×5 мм с отверстием Ø6 мм по центру. Получить два ассоциативных вида с габаритами и диаметром. Изменить диаметр 6→8 мм, обновить виды и размер, сохранить редактируемые модель и чертёж.

Д5. Создать брусок 40×20×5 мм, экспортировать STEP и импортировать в новую модель. Сравнить единицы, габариты, число тел и объём. Объяснить сохранность истории построения в переданном файле.

Д6. Создать брусок 50×10×10 мм вдоль x. Выделить торцыx=0 иx=50 разными именованными областями, сохранить модель и записать постановку центрального растяжения 1000 Н, E=200000 МПа,ν=0,30: тип модели, нагрузка, минимальные связи и наблюдаемые величины. Запуск решателя на аттестации не требуется; показать однозначность выбранных областей.

Д7. Создать брусок 40×20×5 мм, назначить плотность 7850 кг/м³ и получить массу. Увеличить ширину 20→25 мм; проверить изменение объёма и массы по собственному независимому вычислению. Сохранить исходные и новые данные.

Д8. Создать брусок 40×20×5 мм, сохранить ревизию 01 и её STEP. В ревизии 02 увеличить толщину до 6 мм и повторить экспорт. Создать краткий паспорт соответствия геометрии и файлов; открыть обе копии и выявить различие, не подменяя новый файл старым.

Д9. Создать семейство пластин 40×20 мм с t=4; 5; 6 мм и плотностью 7850 кг/м³. Показать перестроение трёх конфигураций и таблицу объёмов/масс. Указать, какие дополнительные данные нужны для выбора по жёсткости и прочности; расчётные отклики не придумывать.

D3 Комплект билетов и процедура

Билет	Теория 0–10	Задача 0–10	Демонстрация 0–10
1	A1	З1	Д1
2	A2	З2	Д2
3	A3	З5	Д3
4	A4	З6	Д4
5	A5	З2	Д5
6	A6	З1	Д6
7	A7	З3	Д7
8	A8	З5	Д8
9	A9	З4	Д9

Выдаётся один билет целиком. Предлагаемый регламент с учётом КрТО0,1 академического часа на обучающегося: индивидуальная подготовка до 60 минут из последних 5,9 ч СРС (теория 15, задача 15, работа с моделью 20, комплектование 10); письменный ответ и файлы передаются до индивидуального уточнения. При подготовке разрешены условия задания, калькулятор, CAD и локальная справка по командам; запрещены готовые решения и помощь других лиц. Для теоретической и расчётной частей справка закрывается. Затем 4,5 минуты контактного уточнения (.1×45): кратко объяснить теорию, показать проверку задачи и воспроизвести изменение/обновление модели. Преподаватель оценивает весь представленный письменный и цифровой результат, а не только устное время. Если расписание требует другого формата, регламент согласуют до начала семестра без самовольного увеличения часов. Подготовка и контроль самостоятельности должны быть организованы индивидуальным графиком; это предложенная процедура, не реквизит утверждения.

4 Методические материалы и процедуры оценивания

Практические работы и текущая обратная связь

По каждой ПР четыре критерия, перечисленные в её условии: 1 — результат корректен, воспроизводим и самостоятельно объяснён; 0,5 — результат частично достигнут, требуется небольшое исправление или уточняющий вопрос; 0 — результат отсутствует либо содержит существенную неустранённую ошибку. Сумма 0–4. В опросе по В фиксируется «объяснено/нужно уточнить/не показано» с комментарием; отдельные рейтинговые баллы не добавляются. Посещаемость учитывается записью участия, но сама по себе не заменяет результат и не ограничивает доступ к РК. СРС проверяется через соответствующие ПР и С1 без двойного начисления.

Проект С1 и письменный РК

Критерий интеграции С1	Максимум
Связность требований геометрии документации и расчётной постановки	4
Обоснование эталона сеточной проверки и ограничений	4
Сопоставимость вариантов и доказательность выбора	4
Воспроизводимость комплекта и корректное управление изменением	4
Самостоятельное объяснение и ответ на уточнение	2

Для критериевС1 с максимумом 4: 4 — достигнут полностью; 3 — небольшое уточнение без смены вывода; 2 — частично, есть существенный пробел при сохранении основной связи; 1 — отдельные верные элементы без целостного результата; 0 — отсутствует/неверно. Критерий 2: 2 — самостоятельное связное объяснение,1 — частичное с уточнением,0 — не объяснено. Максимум 18. Вывод «допустимый вариант не найден» при честном корректном расчёте может получить полный балл. Сам по себе факт недостижения 2% не обнуляет проект: оцениваются диагностика, продолжение проверки или обоснование ограниченного результата.

В каждом РК пункты имеют максимумы 6/8/6. Пункт 6: 2 — основные понятия/исходные данные,2 — причинно-следственная логика или последовательность,2 — применимость, проверка и вывод. Пункт 8: 2 — постановка/формулы,4 — выполнение вычислений или преобразования,2 — проверка и интерпретация. Для элемента 2: 2 — верно и обосновано,1 — частично,0 — не достигнуто. Элемент 4: 4 — полный верный ход,3 — небольшая вычислительная ошибка,2 — существенная ошибка при верной основе,1 — отдельный верный шаг,0 — неверно/отсутствует. Ошибка, механически перенесённая далее при корректном ходе, не штрафуется повторно; независимые ошибки оцениваются отдельно.

Зачёт с оценкой и итоговый рейтинг

Часть билета	Критерии и максимумы
Теория10	Инженерный смысл и содержание6;логика/связи2;пример и границы2
Задача10	Постановка и данные2;решение/план4;проверка2;вывод и пределы2
Демонстрация10	Выполнение изменения4;проверка результата2;редактируемые файлы и связи2;самостоятельное объяснение2

Для теоретического содержания 6: 6 — полно и верно; 4–5 — основные положения верны при небольших пробелах; 2–3 — частичный ответ с существенным пробелом; 1 — отдельное верное положение; 0 — неверно/нет. Остальные элементы 2/4 оцениваются по той же рубрике, что РК. Результат D —сумма 0–30. Допустимы эквивалентные способы моделирования и единицы при проверяемом результате. Числовые ответы сверяют с точными выражениями, допустимо округление до 3–4 значащих цифр; инженерный результат CAE оценивают по проверкам, а не совпадению последних цифр с неизвестным эталоном.

Итог R=ΣПР+0,5 Т+0,1 РК1+0,15 РК2+0,15 РК3+С1+D. Промежуточные слагаемые сохраняют без округления; только итог округляют до целого по правилу 0,5 вверх. 85–100 — «отлично»,70–84 —«хорошо»,60–69 —«удовлетворительно», менее 60 — «неудовлетворительно». Отдельные дополнительные пороги по ПР, проекту или аттестации не установлены. Исправление работы и повторное оценивание проводят по локальному порядку; последняя подтверждённая оценка заменяет прежнюю за тот же результат, не

суммируется с ней. Формы, сроки и критерии доводят заранее; сроки повторных процедур РПД не определяет и здесь не выдумываются.

Ведомость содержит первичные и пересчитанные баллы, выявленные ошибки, ссылку на ревизию файлов и дату. При техническом сбое работа сохраняется, факт сбоя фиксируется, продолжение организуют по локальному порядку. При отсутствии доступной CAD/CAE-среды невозможно подтвердить все предусмотренные навыки одними снимками; до начала работ требуется обеспечить соответствующее рабочее место. Раздел 7 РПД не содержит перечня оборудования, поэтому наличие конкретных компьютеров, лицензий и подписок не объявляется установленным.

5 Методические указания для обучающегося

До построения определите базу, единицы, параметры и состав результата. Ограничивайте эскиз осмысленными размерами и связями, проверяйте дерево после каждого изменения. В сборке отличайте геометрическое положение от механического соединения. В чертеже проверьте полноту формы, размеров и свойств; после изменения модели обновите документы и ревизии.

До решения CAE запишите физическую постановку словами, допущения, нагрузку и закрепление; проверьте размер и число тел после импорта. Сначала оцените реакции и деформированную форму, затем эталон и сетку, и только после этого ограничения. Все сравнения делайте в одной области и с одинаковым способом извлечения. Плотность храните вместе с единицами; отсутствие собственного веса в С1 не отменяет её назначения для массы.

СРС и строка РПД	**Часы**	**Конкретное действие и проверяемый результат**
СР-1;1.5	6	Состав обеспечения и маршрут ПР-1;схема входов/выходов
СР-2;1.5	6	Представления ПР-2;объём,координаты и паспорт
СР-3;2.7	6	Таблица t и анализ отказа ПР-3;протокол
СР-4;2.7	6	Сборка ПР-4 и комплект документации ПР-5;проверка связей
СР-5;2.7	6	Паспорт обмена ПР-6;обоснование упрощений
СР-6;3.9	4	Дополнение паспорта импорта и регистрация отличий;повторно не оценивать за тот же файл
СР-7;3.9	4	Материал,нагрузки,связи и элементы ПР-7;письменное обоснование
СР-8;3.9	5	Эталон и графики сходимости ПР-8;таблицы ошибок
СР-9;3.9	10,9	Сравнение вариантов,отчёт и материалы защитыС1 —5 ч;подготовка к зачёту с оценкой и выполнение билета —5,9 ч
Итого	53,9	12+18+23,9;часы СРС не увеличены

СР-1–СР-9 —конкретизация маршрута самостоятельной работы, упомянутого в разделе 8 РПД. Подготовка к РК и тесту входит в часы соответствующих тем. В плане работ отмечайте, что сделано, почему изменено и как проверено. Три варианта не означают поиск глобального оптимума. При сомнении фиксируйте проблему и ограничения; отсутствующий расчёт не заменяйте ожидаемыми числами.

Отчёт организуйте по разделам С1. Рисунки сопровождайте единицами и обозначениями закрепления/нагрузки. Таблица сходимости: тип и порядок элементов, размер/число элементов, u(P),σ в области, изменение и вывод. Таблица вариантов: t, масса, u,σ, ссылка на сетку, выполнение двух ограничений и статус проверки. Храните CAD, CAE, документы и

исходные таблицы в подпапках одного комплекта. Перед сдачей откройте его из новой папки и проверьте ссылки. Фиксируйте источники свойств и версии программ; нормы оформления уточняйте по заданному преподавателем применимому стандарту, не приписывая учебным данным статус производственных требований.

Источники и статус предложений

[1] РПД «Основы автоматизированного проектирования», КРСУ,2026, разделы 3–5,6,8. ВопросыВ1–В27, Т1–Т16, З1–З6, А1–А9 и исходные данныеС1 взяты из этой программы; конкретные ПР, Д и РК разработаны для настоящего ФОС.

[2] Положение об оценочных материалах (ФОС) КРСУ, предоставленный файл: пп.3.3–3.4,3.7–3.8; макет ФОС направления 15.03.03. Балльная схема и временной регламент настоящего документа предложены для согласования.

[3] АСКОН. КОМПАС-3D v23. Общие сведения об ассоциативных видах. https://help.ascon.ru/KOMPAS/23/ru-RU/aq2658305.html (обращение 06.11.2026). Руководство использовать с учётом установленной версии.

[4] Ansys. Mechanical User’s Guide,2025 R1.18.11 Using Adaptive Convergence. https://ansyshelp.ansys.com/public/Views/Secured/corp/v251/en/wb_sim/ds_Convergence.html (обращение 06.11.2026). Учебный критерий 2% берётся из РПД, не из настроек по умолчанию.

[5] Ansys Innovation Courses. Assessing stress singularity. https://innovationspace.ansys.com/courses/courses/tips-and-tricks-for-structural-simulation-in-ansys-mechanical/lessons/assessing-stress-singularity/ (обращение 06.11.2026).

Основная литература РПД: Сирота А.А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем. М.: Техносфера,2006. Дополнительная: Алгазинов Э.К., Сирота А.А. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем. Диалог-МИФИ,2009. Методическая: Козлов П.В. Компьютерное моделирование и визуализация физических процессов в MATLAB. Бишкек: Изд-во КРСУ,2008.