

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Оценочные материалы по дисциплине

3D-прототипирование

по направлению подготовки / специальности

03.04.03 Радиофизика, 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения

Очная

Квалификация

инженер-исследователь

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.П. Коханенко

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий

РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы

РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- Проверка отчетов по лабораторным работам.
- Устный опрос;

При проверке отчетов по лабораторным работам отслеживаются следующие индикаторы достижения компетенций: РООПК-3.2, РОПК-2.2 и РОПК-2.3.

Перечень теоретических вопросов: (РОПК-2.2, РОПК-2.3)

1. Какие основные меры предосторожности следует соблюдать при работе с 3D-принтером?

Пример ответа: Обеспечение хорошей вентиляции помещения во время работы, соблюдение правил противопожарной безопасности, проведение внешнего осмотра принтера перед работой на предмет возможных неисправностей, регулярное техническое обслуживание устройства.

2. Можно ли оставлять 3D-принтер без присмотра во время работы?

Пример ответа: Не рекомендуется оставлять 3D-принтер без присмотра, поскольку это может привести к различным нештатным ситуациям, например к возникновению пожара.

3. Какие действия следует предпринять при обнаружении неисправности 3D-принтера?

Пример ответа: отключите устройство от электросети, обратитесь к ответственному лицу. Запрещается самостоятельное устранение выявленных неисправностей.

4. Как обезопасить себя от ожогов при работе с нагретыми элементами 3D-принтера?

Пример ответа: Использовать защитные перчатки, соблюдать дистанцию от работающих нагретых частей принтера.

5. Какие требования предъявляются к помещению, в котором установлен 3D-принтер?

Пример ответа: хорошая вентиляция, отсутствие вблизи работающего принтера легковоспламеняющихся материалов, наличие розеток с защитным нулевым проводником, обязательная установка принтера на устойчивую поверхность.

6. Какие основные меры предосторожности следует соблюдать при работе с фрезерным станком с ЧПУ?

Пример ответа: при работе необходимо использовать средства индивидуальной защиты (очки, беруши, спецодежда), станок должен проходить регулярное техническое обслуживание, при работе необходимо соблюдать правила эксплуатации, указанных

производителем, каждый раз перед началом работы нужно проводить внешний осмотр станка на предмет возможной неисправности.

7. Каковы потенциальные риски, связанные с работой на фрезерном станке с ЧПУ?

Пример ответа: при работе на станке возможно возникновение травм от вращающихся инструментов, поражение электрическим током, попадание стружки в органы зрения, вылет осколков деталей и режущего инструмента, воздействие вибрации и шума, риски возможного возгорания.

8. Можно ли оставлять фрезерный станок с ЧПУ без присмотра во время работы?

Пример ответа: оператор должен постоянно находиться возле станка и контролировать процесс обработки на случай непредвиденных ситуаций.

9. Какие действия следует предпринять при обнаружении неисправности фрезерного станка с ЧПУ?

Пример ответа: немедленно остановить работу станка, обратиться к ответственному лицу для проведения диагностики и ремонта.

10. Какие меры безопасности нужно соблюдать при замене инструмента на фрезерном станке с ЧПУ?

Пример ответа: необходимо остановить станок и отключить питание, для замены инструмента использовать только специальные ключи, убедиться в надежном закреплении инструмента.

11. Какие требования предъявляются к помещению, в котором установлен фрезерный станок с ЧПУ?

Пример ответа: в помещении необходимо наличие хорошего освещения, системы вентиляции и пылеудаления, наличие достаточного свободного пространства вокруг станка для комфортной работы и обслуживания станка, соответствие правилам электро и пожарной безопасности.

12. Какова основная область применения лазерной резки?

Пример ответа: используется для точного раскроя листовых материалов (пластик, дерево, ткань и пр.).

13. Каково основное назначение фрезеровки на станках с ЧПУ?

Пример ответа: применяется для точной механической обработки твердых объемных материалов (металлы, дерево, пластик и композитные материалы и пр.).

14. Какие этапы включает производство детали методом 3D-печати?

Пример ответа: моделирование в CAD-системе, подготовка файла для печати в слайсере с указанием температур, толщин слоев, скорости печати и пр., непосредственно послойная печать на 3D-принтере, постобработка (удаление поддержек, шлифовка, покраска, полировка и пр.).

15. Какие этапы включает производство детали методом лазерной резки?

Пример ответа: Создание чертежа в САПР/векторном редакторе изображений, импорт векторного эскиза и задание режимов работы станка (скорость перемещения, мощность излучения лазера (обычно в процентах от максимального значения), количество проходов и пр.), установка листа материала и непосредственное выполнение резки.

16. Что такое 3D FDM принтер?

Пример ответа: 3D FDM принтер (Fused Deposition Modeling) — это устройство, которое создает трёхмерные объекты путём послойного наплавления разогретого термопластичного материала.

17. Какие основные компоненты входят в состав 3D FDM принтера?

Пример ответа: Экструдер, рабочая платформа (стол), система перемещения, электронная плата управления, источник питания, корпус, органы управления и отображения информации.

18. Для чего используется подогрев стола принтера?

Пример ответа: подогрев помогает улучшить адгезию первого слоя и уменьшить деформацию модели.

19. Назовите несколько популярных материалов используемых в качестве филаментов для 3D FDM печати?

Пример ответа: PLA (полилактид), ABS (акрилонитрилбутадиенстирол), PETG (полиэтиленгликольтерефталат), TPU (термопластичный полиуретан) и другие.

19. В чем заключается калибровка 3D FDM принтера?

Пример ответа: проводимая непосредственно перед печатью калибровка в основном заключается в выравнивании рабочей платформы и задание начального уровня по оси Z. Некоторые модели принтеров позволяют выполнять эти действия в автоматическом режиме.

20. Какие основные проблемы могут возникнуть при печати на 3D FDM принтере?

Пример ответа: плохая адгезия первого слоя, деформация модели, засорение сопла, недостаточная или избыточная экструзия, ошибка позиционирования.

21. Какие имеются основные способы решения проблемы плохой адгезии первого слоя?

Пример ответа: использование клейких покрытий на платформе, регулировка температуры стола и корректировка высоты и скорости печати и выключение обдува при печати нескольких начальных слёв.

22. Как устранить расслоение модели в процессе печати?

Пример ответа: проблема может быть вызвана с неправильной подачей филамента или ошибками в движении. Возможными путями решения может стать проверка натяжения ремней, калибровка принтера и регулирование подачи филамента.

23. В каких областях наиболее распространено применение FDM печати?

Пример ответа: Прототипирование, образование, медицина, хобби и мелкосерийное производство.

24. Выделите основные системы на основе которых функционирует лазерный станок с ЧПУ?

Пример ответа: Источник лазерного излучения, оптическая система для фокусировки и направления луча, система охлаждения, система координатного перемещения, электронная система управления.

25. Какие основные типы лазеров используются в лазерных станках с ЧПУ?

Пример ответа: Наибольшее распространение в станках для лазерной резки получили СО₂-лазеры, волоконные лазеры и твердотельные лазеры.

26. Какие преимущества имеет фрезерная обработка перед лазерной резкой и 3D печатью?

Пример ответа: фрезерная обработка имеет высокую точность при большой глубине обработки, высокую скорость обработки, широкий спектр операций (фрезерование, сверление, нарезание резьбы и т.д.), возможность создания сложных трехмерных форм.

27. Какие параметры влияют на качество обработки на фрезерном станке с ЧПУ?

Пример ответа: Скорость вращения шпинделя, скорость подачи, глубина резания, тип и геометрия фрезы, острота заточки инструмента, жесткость конструкции станка и крепления заготовки.

28. Каким образом API позволяет работать с геометрией объектов в CAD-системе?

Пример ответа: API CAD-систем позволяет производить все операции и манипуляции над объектами доступные из пользовательского интерфейса. А именно: Создание базовых геометрических примитивов; Выполнение логических операций (объединение, пересечение, разность); Моделирование поверхностей; Редактирование геометрии (масштабирование, перемещение, вращение и пр.); Лофтинг; Экструзия (выдавливание) и многое другое.

Критерии оценивания:

Успеваемость при текущем контроле оценивается по системе «зачтено» - «не зачтено»:

«не зачтено» - имеются не сданные в срок без уважительной причины отчеты по лабораторным работам. При устном опросе серьезные затруднения при ответе вызвали более 1/3 из заданных вопросов;

«зачтено» - отсутствуют не сданные в срок без уважительной причины отчеты по лабораторным работам. При устном опросе правильные ответы даны не менее чем на 2/3 из заданных вопросов.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Итоговый контроль результатов усвоения студентом образовательной программы проходит в виде комплексного практического задания, рассчитанного на выполнение в течении 1.5 часа. Задание формулируется так, что включает в себя основные темы образовательной программы и позволяет проверить наличие у студента компетенций РООПК-3.2, РОПК-2.2 и РОПК-2.3.

Ниже перечисляются пункты задания:

1. Создание параметрической 3D-модели по предоставленному чертежу;
2. Внесение конструктивных изменений в 3D-модель, придающих ей некоторый дополнительный функционал и/или эстетические особенности с учетом технологий изготовления на различных устройствах с ЧПУ (3D-принтер, станок для лазерной резки и фрезерный 3х координатный станок);
3. Проведение расчетов (напряжения, прогибы, температурные поля и пр.) методом конечных элементов отдельных узлов изделия с целью обоснования представленных конструктивных решений при внесении изменений;
4. Создание чертежа параметрической 3D-модели с внесенными в нее конструктивными изменениями;
5. Создание необходимых шаблонов для резки и управляющих программ для производства частей готового изделия на устройствах с ЧПУ.

При проведении итогового контроля каждый студент получает задание в электронном виде индивидуальный чертеж

По истечении отведенного времени результаты выполнения задания сдаются в электронном виде на проверку и должны быть представлены следующими необходимыми файлами: сборка изделия в формате *.step; чертеж изделия с внесенными конструктивными изменениями в формате *.pdf; обоснования представленных конструктивных решений на основании результатов численных расчетов в одном из следующих форматов *.doc, *.docx или *.odt; шаблон для изготовления деталей методом лазерной резки на станке с ЧПУ в векторном формате *.svg; управляющие программы в виде G-code для производства частей готового изделия на устройствах с ЧПУ (3х координатный фрезерный станок, 3D-принтер); пояснительная записка с описанием формы и размера заготовки, начальной точки, количества и типов используемого режущего инструмента и прочими данными необходимыми для изготовления детали изделия на 3х координатном фрезерном станке с ЧПУ.

В случае если студент успешно проходил текущий контроль успеваемости он освобождается от проведения устного опроса по темам занятий, в противном случае на устный опрос выносятся вопросы по материалам текущего контроля примеры которых представлены в разделе 2. Если результаты устного опроса по темам занятий окажутся неудовлетворительными итоговая оценка за выполнение задания может быть снижена на один бал.

Пример задания для проведения итогового контроля:

Создать: 3D-модель изделия "Сушилка" по чертежу. На свободном месте в центре разместить декоративный элемент "Лошадка" рассчитанный под фрезеровку (минимум 3 различных уровня высот). Все не заданные размеры отдаются на свободное моделирование. Конфликты размеров изделия и декоративного элемента всегда разрешать в пользу основного изделия.

Дополнить изделие "Сушилка" вспомогательным функционалом в виде органайзера для расположения двух зубных щеток и тюбика зубной пасты, с возможностью его быстрого и надежного фиксации/крепления (и снятия) к изделию "Сушилка", а также с возможностью устойчивого размещения на плоской горизонтальной поверхности вне изделия "Сушилка". Органайзер должен быть спроектирован с условием возможности его изготовления на станке для лазерной резки. Дополнить перекладину изделия "Сушилка" функциональными крючками для сушки столовой утвари. Форма крючков должна подразумевать возможность их изготовления методом печати на FDM принтере. Сделать обоснованные предложения по возможному улучшению/доработке конструкции.

Создать чертеж деталей изделия с внесенными конструктивными элементами.

Провести расчет МКЭ нагруженной перекладины, при условии, что масса 1.0 кг сконцентрирована в её середине. Обосновать или опровергнуть возможность исполнения данного элемента из пустотелой алюминиевой/стальной трубки диаметром 15 мм и толщиной стенок 1.0 мм.

Создать управляющие программы для изготовления деталей на фрезерном станке с ЧПУ и печати на 3D-принтере, а также эскизы для лазерной резки.

Критерии оценивания:

Результаты дифференцированного зачета определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Компетенция	Критерии оценивания результатов обучения			
	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
РООПК-3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий	Отсутствие предложений: не представлено ни одного предложения по улучшению/доработке конструкции. Ошибки в понимании задачи: предложения не соответствуют поставленной задаче или демонстрируют непонимание сути проблемы.	Предложения по улучшению/доработке представлены, но поверхностны и не достаточно обоснованы. Высказанные идеи стандартны и не предлагают новых подходов или решений, не подкрепляются конкретными примерами или расчетами.	Представленные предложения по улучшению/доработке конструкции в целом детально описаны и обоснованы, хотя имеются незначительные неточности. Некоторые из высказанных идей показывают стремление к инновациям и нестандартный подход к решению.	Все представленные предложения уникальны и демонстрируют высокий уровень творческого мышления. Каждое предложение тщательно обосновано твердой аргументацией и расчетами.

РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы	Созданная 3D модель не соответствует исходному заданию. Конструктивные изменения отсутствуют. Присутствуют грубые ошибки в геометрии. Размеры 3D-модели неверны.	Созданная 3D модель в целом соответствует заданию, но имеет незначительные отклонения. При создании конструктивных изменений допущены некоторые ошибки. Отсутствуют грубые ошибки в геометрии. В целом обязательные размеры 3D-модели соответствуют заданию, однако имеются 1-2 отклонения.	Созданная 3D модель полностью соответствует заданию. Все конструктивные изменения внесены корректно, без существенных ошибок. Отсутствуют какие либо ошибки в геометрии. Все обязательные размеры 3D-модели соответствуют заданию. Некоторые особенности технологии изготовления прототипа не учтены при создании 3D модели.	Созданная 3D модель полностью соответствует заданию. Все конструктивные изменения внесены корректно, без ошибок. Отсутствуют какие либо ошибки в геометрии. Все обязательные размеры 3D-модели соответствуют заданию. 3D модель выполнена с учетом всех особенностей технологии изготовления прототипа.
РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы	Задание выполнено с грубыми ошибками. Расчеты проведены некорректно. Вывод сделан без учета полученных данных.	В выполненном задании отсутствуют грубые ошибки. Основные этапы работы выполнены корректно. Выводы сделаны на основе результатов, но не полностью учитывают все аспекты.	Все расчеты выполнены правильно. Полученные данные анализируются всесторонне, выводы логичны и обоснованы.	Все расчеты выполнены правильно. Полученные данные анализируются всесторонне, выводы логичны и обоснованы. Представлены предложения по улучшению конструкции.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Проведение проверки остаточных знаний проводится на основе выполнения практического задания и устного опроса. Ниже приведен пример практического задания и примерный список вопросов.

Пример практического задания:

«Прототип авторской настольной лампы» (РООПК-3.2, РОПК-2.2, РОПК-2.3)

На основе предложенного чертежа, содержащего лишь основные размеры будущего прототипа, драйвера питания светодиодов и тумблера питания разработать прототип авторской настольной лампы. Доработка должна проводиться с учетом необходимости использования каждой из следующих технологий изготовления: печать на FDM принтере; лазерная резка/гравировка; фрезеровка на 3х координатном станке с ЧПУ. Конструкцию снабдить отсеком для питающего светодиода драйвера, посадочными местами для тумблера питания и 10 светодиодов, а также каналами для электропроводки. Выполнить чертеж прототипа со внесенными изменениями, подготовить файлы для печати на 3D принтере, векторные шаблоны для лазерной резки и управляющую программу для фрезеровки деталей на 3х координатном фрезерном станке с ЧПУ. Подготовить текстовый файл содержащий следующие пояснения: форма, размеры заготовки для фрезерования и стартовая точка выполнения G-code; используемый для печати тип филамента; тип и толщина листового материала для лазерной резки.

Теоретические вопросы:

1. Какие основные технологии используются для производства деталей при быстром прототипировании? (РОПК-2.2)

Ответ должен содержать перечисление основных используемых технологий (3D-печать, лазерная резка и фрезеровка на станках с ЧПУ) и краткую характеристику каждой из них.

2. Какие основные возможности предоставляет API для работы с CAD-системами при прототипировании изделий? (РОПК-2.2)

Ответ должен содержать сведения о том, какие возможности предоставляет API CAD-систем и как их можно использовать для увеличения производительности труда при создании 3D моделей прототипов.

3. Какие основные мероприятия проводят при техническом обслуживании лазерного станка с ЧПУ? (РООПК-3.2)

Ответ должен содержать следующие пункты: регулярная чистка оптической системы от пыли и копоти, замена расходных материалов, проверка состояния зеркал и линз и пр., общий контроль технического состояния механических частей и системы охлаждения.

4. Какие преимущества имеет лазерная резка перед фрезерованием? (РОПК-2.2)

Ответ должен содержать сведения о высокой точности при минимальной ширине реза, отсутствии механического воздействия на материал, возможности обработки сложных контуров.

5. От чего зависит выбор диаметра сопла для печати? (РООПК-3.2)

Ответ должен содержать сведения о зависимости качества печати мелких элементов детали и желаемой толщины слоя от диаметра сопла FDM принтера. О опосредованном влиянии диаметра сопла на скорость печати и качество получаемой поверхности.

6. Какие этапы включает производство детали методом фрезеровки на станках с ЧПУ? (РОПК-2.2)

Ответ должен содержать общие сведения о проектировании модели в CAD-системе, создании управляющей программы в CAM-системе (с учетом характеристик станка, параметров материала, габаритов заготовки, выбора начальной точки, наличия режущего инструмента и пр.), установке заготовки в рабочую область станка. Также ответ должен содержать описание действий оператора непосредственно в процессе самого процесса фрезеровки.

7. Что делать, если во время работы произошел сбой или авария? (РООПК-3.2)

Ответ должен содержать порядок действий экстренной остановки работы станка, доведения сведений о ситуации до ответственного лица, оценке масштабов происшествия

на предмет необходимости принятия экстренных мер по устранению последствий аварии, помощи возможным пострадавшим и вызова экстренных служб при необходимости.

8. Каковы потенциальные риски, связанные с использованием 3D-принтеров? (РООПК-3.2)

Ответ должен содержать сведения о вероятности возгорания, поражение электрическим током, выделение вредных веществ в процессе печати (например, при работе с ABS пластиком), ожоги от прикосновения к горячим элементам принтера, травмы при попадании в зацепление с движущимися элементами механизмов.

9. Назовите основные настройки, существенно влияющие на качество печати в 3D FDM принтере? (РООПК-3.2)

Ответ должен содержать перечисление параметров (температуры, скорости, высоты слоёв, заполнение модели и пр.) и их влияние на качество поверхности, спекание слоев, расход материала и общую прочность конечного изделия.

10. Как происходит процесс подготовки файла для печати на 3D FDM принтере? (РООПК-3.2)

Ответ должен содержать краткие сведения о использовании специального ПО - слайсера, для преобразования полигональной 3D-модели в последовательность команд для принтера (G-коды), и основных параметрах печати (температуры сопла и платформы, толщина слоев, скорости печати, обдува модели и пр.).

11. Назовите несколько часто используемых операций при создании твердотельной 3D- модели в CAD- средах. (РОПК-2.3)

Ответ должен содержать перечисление часто используемых операций с кратким описанием возможностей и области применения.

12. Опишите порядок действий при проведении расчета прогибов конструкций методом КЭ. (РОПК-2.3)

Ответ должен содержать краткое описание алгоритма проведения расчета при использовании возможностей интегрированных в систему CAD.

Информация о разработчиках

Дзядух Станислав Михайлович, кандидат физико-математических наук, Томский государственный университет, доцент