

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

Е.А. Ефременков  
О.В. Килина

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ**

Методические указания к выполнению практических занятий и самостоятельной работы  
по дисциплине «Проектирование 3D деталей для цифровых двойников»  
для студентов технических специальностей

Томск  
2022

УДК 006.89

ББК 92.9

Е 92

**Рецензент:**

**Антипин М.Е.**, доцент кафедры управления инновациями ТУСУР, кан. физ.-мат. наук

Е 92 **Ефременков, Егор Алексеевич; Килина, Ольга Владимировна**  
Проектирование 3D деталей для цифровых двойников/ Е.А. Ефременков, О.В. Килина –  
Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 9 с.

Методические указания для организации практической и самостоятельной работы по дисциплине «Проектирование 3D деталей для цифровых двойников» разработаны для студентов технических специальностей и являются неотъемлемым элементом изучения дисциплины.

Одобрено на заседании каф. управления инновациями,  
протокол № 7 от 31.01.2022

**УДК 006.89**  
**ББК 92.9**

© Е.А. Ефременков,  
О.В. Килина 2022  
© Томск. гос. ун-т систем упр.  
и радиоэлектроники, 2022

## Оглавление

Введение .....	4
1. Материально-техническое обеспечение самостоятельной работы .....	5
2. Задания для практических занятий .....	6
3. Вопросы к дифференциальному зачету.....	8
4. Прием результатов практических заданий .....	8
Заключение .....	9
Список используемых источников .....	10

## Введение

Дисциплина «Проектирование 3D деталей для цифровых двойников» играет важную роль в развитии готовности обучающихся к участию в проектировании робототехнических систем. Изучение дисциплины способствует формированию у обучающихся знаний, умений и навыков, связанных с проектированием и созданием в среде САПР узлов механизмов для комплексов робототехнических систем, а также усвоению знаний связанных с подбором материалов деталей и оценки действующих на них сил. Сформированные в рамках курса компетенции позволяют обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения.

Цель – научить студентов проектировать корректные 3D-модели деталей узлов и конструкций роботизированных систем с перспективой использования этих моделей, как цифровых двойников деталей.

Задачи:

1. Изучить основы графического представления информации (создание эскиза, оформление чертежа)
2. Изучить принципы параметризации эскизов и моделей
3. Понимать цель и назначение цифровых двойников деталей и узлов роботизированных систем
4. Освоить приемы конструирования деталей и узлов роботизированных систем
5. Получить навыки построение 3D-моделей деталей и сборок

Практические задания, предусмотренные настоящими указаниями, выполняются студентами во время аудиторных занятий индивидуально или в групповом формате под контролем со стороны преподавателя. Все консультации осуществляются преподавателем.

Студент имеет право просить консультации у преподавателя, если он в текущий момент не распределяет задания, не принимает выполненные работы и не консультирует другого студента.

Преподаватель, давая консультацию студенту, указывает раздел технической документации или методической литературы, в которой имеется ответ на вопрос студента. Если необходимые сведения в документации и литературе отсутствуют, то преподаватель должен дать устные пояснения или продемонстрировать аналогичный пример решения, приводящие к требуемому результату, с последующим повторением студентом.

Консультации, выдача практических заданий и прием результатов выполнения осуществляется только во время аудиторных занятий. Задания выполняются последовательно. Правильное выполнение некоторых заданий возможно только, если студент корректно выполнил предыдущие задания. Поэтому приступать к следующему заданию студент может, только сдав преподавателю результат выполнения предыдущего.

## **1 Материально-техническое обеспечение практических занятий**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 220 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Нетбук Lenovo ideaPad S10-3;
- Компьютер;
- Проектор Nec v260x;
- Экран проекторный;
- Доска маркерная;
- Компьютер (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Windows 7 Pro
- OpenOffice
- Компас 3D

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории должно удовлетворять действующим требованиям санитарных правил и норм (СанПиН).

## 2. Задания для практических занятий

**Тема занятия 1** – Изучить основы графического представления информации.

**Цель занятия:** научиться создавать эскиз детали, в том числе с применением САПР, уметь оформлять чертеж детали.

**Теоретический материал** для этого занятия представлен в материалах:

Федоренко В.А, Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. Л: Машиностроение, 1982. – 416 с. <https://tehnavigator.ru/Biblioteka/192.pdf>

**Задания для студентов:** Знакомство с основами черчения и построения эскизов, в том числе для цифровых двойников. Получение навыков измерения реальных размеров детали.

**Исходные данные:** деталь в металле.

**Форма представления результата:** разработка эскиза детали, представление чертежа этой же детали (файлы).

**Тема занятия 2** – Изучить принципы параметризации эскизов и моделей.

**Цель занятия:** научиться использовать параметризацию при разработке плоского чертежа и 3D-модели детали.

**Теоретический материал** для этого занятия представлен в материалах:

ПО КОМПАС-3D с официального сайта <https> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/download>.

Щербинин, С. В. Проектирование мехатронных модулей движения в AutodeskInventor: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / С. В. Щербинин. – Томск: ТУСУР, 2012. – 60 с. <https://edu.tusur.ru/publications/1565>

**Задания для студентов:** Знакомство с принципами параметризации чертежа, эскиза, 3D-модели.

**Исходные данные:** чертеж детали.

**Форма представления результата:** параметрическая модель, позволяющая быстро изменять размеры детали (файл).

**Тема занятия 3** – Изучить назначение цифровых двойников деталей и узлов роботизированных систем.

**Цель занятия:** получение навыков построения 3D-модели с предварительно рассчитанными параметрами сечения, анализ напряжений в полученной модели.

**Теоретический материал** для этого занятия представлен в материалах:

ПО КОМПАС-3D с официального сайта <https> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/download>.

Щербинин, С. В. Проектирование мехатронных модулей движения в AutodeskInventor: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / С. В. Щербинин. – Томск: ТУСУР, 2012. – 60 с. <https://edu.tusur.ru/publications/1565>

Дунаев П.Ф, Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 565 с. <https://obuchalka.org/20181011104396/konstruirovanie-uzlov-i-detalei-mashin-dunaev-p-f-lelikov-o-p-2017.html>

**Задания для студентов:** Знакомство с методикой расчета прочности детали. Создание 3D-модели детали по рассчитанным размерам.

**Исходные данные:** чертеж детали.

**Форма представления результата:** 3D-модели детали, модель нагружения (файл).

**Тема занятия 4** – Освоить приемы конструирования деталей и узлов роботизированных систем.

**Цель занятия:** получение навыков конструирования деталей и узлов робототехнических узлов.

**Теоретический материал** для этого занятия представлен в материалах:

Дунаев П.Ф, Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 565 с. <https://obuchalka.org/20181011104396/konstruirovanie-uzlov-i-detalei-mashin-dunaev-p-f-lelikov-o-p-2017.html>

ПО КОМПАС-3D с официального сайта [https](https://kompas.ru/kompas-3d/download) [Электронный ресурс]: //kompas.ru/kompas-3d/download.

**Задания для студентов:** рассчитать и выполнить чертеж сборки небольшого робототехнического узла.

**Исходные данные:** выдаются преподавателем.

**Форма представления результата:** сборочный чертеж узла, записка с расчетами прочности (файл).

**Тема занятия 5** – Получить навыки построение 3D-моделей деталей и сборок.

**Цель занятия:** получение навыков компоновочных решений при разработке сборок, в том числе и 3D.

**Теоретический материал** для этого занятия представлен в материалах:

ПО КОМПАС-3D с официального сайта [https](https://kompas.ru/kompas-3d/download) [Электронный ресурс]: //kompas.ru/kompas-3d/download.

**Задания для студентов:** выполнить построение 3D-сборки робототехнического узла.

**Исходные данные:** по заданию преподавателя.

**Форма представления результата:** сборка узла в 3D, сборочный чертеж (файл).

### 3. Вопросы к дифференцированному зачету

1. Что такое параметризация и для чего она производится?
2. Зачем выполняются проектировочные расчеты? Можно ли после них разрабатывать 3D-модель, почему?
3. Зачем используются цифровые двойники? Для чего целесообразно создавать цифровой двойник?
4. Для чего используется эскиз в 3D-моделировании? Что необходимо первоначально сделать, чтобы построить эскиз в САД-модуле?
5. Какие элементы деталей используются для взаимного базирования? Объяснить каким образом.

### 4 Прием результатов практических заданий

Результаты выполнения практических заданий демонстрируются преподавателю. Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- требовать у студента демонстрации выполненного задания в виде файлов, текстов, таблиц, мнемосхем, рисунков, в том числе, по возможности и необходимости, в бумажном письменном или распечатанном виде, либо в электронном виде (при размещении результатов выполнения заданий в системе Moodle);

- требовать у студента пояснений, относящихся к способам реализации задания.

Задание считается выполненным и принимается преподавателем только в том случае, если получены все результаты, предусмотренные заданием. Если какие-то результаты, предусмотренные заданием, не получены или неверны, то задание подлежит доработке.

Студент должен работать внимательно и аккуратно. Подлежат обязательному исправлению замеченные преподавателем недочеты:

- несоответствие выполненной 3D модели заданию;
- небрежное оформление рисунков, графиков, структур, схем;
- неточности в описаниях, структурах, схемах.

Результаты выполнения заданий сохраняются студентом в электронном виде (файлы), а также, если возможно и удобно, в бумажном формате, до получения экзамена по данной дисциплине.

До начала экзаменационной сессии студент должен сдать результаты выполнения всех практических заданий, предусмотренных настоящими указаниями. В противном случае студенты к сдаче экзамена не допускаются.



## **Заключение**

Изучение методических указаний к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование 3D деталей для цифровых двойников» способствует успешному ее освоению и развитию у обучающихся готовности к проектной деятельности в области проектирования робототехнических систем.

В целом дисциплина «Проектирование 3D деталей для цифровых двойников» направлена на овладение обучающимися навыками разработки и проектирования приводных модуле робототехнических систем, создания конструкторской документации средствами компьютерного проектирования с использованием КОМПАС-3D, развитие их умения использовать современные технологии проектирования изделий в цифровом производстве и обеспечением их знаниями позволяющими уверенно ориентироваться в вопросах выбора электромеханического привода расчета его составных частей для робототехнических систем.

Успешное освоение дисциплины «Проектирование 3D деталей для цифровых двойников» и сформированные компетенции находятся в тесной взаимосвязи с выпускной квалификационной работой в рамках реализуемой ООП по направлению подготовки бакалавриата 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

### Список рекомендуемой литературы

1. Федоренко В.А, Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. Л: Машиностроение, 1982. – 416 с. <https://tehnavigator.ru/Biblioteka/192.pdf> (дата обращения: 12.12.2022)
2. Щербинин, С. В. Проектирование мехатронных модулей движения в AutodeskInventor: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / С. В. Щербинин. – Томск: ТУСУР, 2012. – 60 с. <https://edu.tusur.ru/publications/1565> (дата обращения: 12.12.2022)
3. ПО КОМПАС-3D с официального сайта <https> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/download>. (дата обращения: 12.12.2022)
4. Дунаев П.Ф, Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 565 с. <https://obuchalka.org/20181011104396/konstruirovanie-uzlov-i-detalei-mashin-dunaev-p-f-lelikov-o-p-2017.html> (дата обращения: 12.12.2022)
- 5.