

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

## ГРАФИЧЕСКИЕ РЕДАКТОРЫ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве методических указаний для студентов Самарского университета, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 24.03.04 Авиастроение, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение

Составитель *М. В. Павельчук*

© Самарский университет, 2019

Самара  
Издательство Самарского университета  
2019

УДК 004.925.8(075)+629.7(075)

ББК 30.2-5-05я7

Составитель *М.В. Павельчук*

Рецензент канд. техн. наук, проф. Л. А. Ч е м п и н с к и й

**Графические редакторы:** метод. указания / сост. *М.В. Павельчук*. – Электрон. текст. дан. (2,3 Мб). – Самара: Издательство Самарского университета, 2019. – 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: РС, процессор Pentium, 160 МГц ; оперативная память 32 Мб ; на винчестере 16 Мб ; Microsoft Windows XP/Vista/7 ; разрешение экрана 1024x768 с глубиной цвета 16 бит ; DVD-ROM 2-х и выше, мышь; Adobe Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана.

В методических указаниях приведены рекомендации для подготовки к лекциям, лабораторным работам, представлены вопросы для самостоятельного углубленного изучения дисциплины «Графические редакторы».

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение профилей подготовки «Самолётостроение», «Авиационные композитные конструкции» и по направлениям подготовки 24.03.04 Авиастроение и 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Подготовлены на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.

УДК 004.925.8(075)+629.7(075)

ББК 30.2-5-05я7

© Самарский университет, 2019

Редактор А.В. Ярославцева  
Компьютерная вёрстка А.В. Ярославцевой

Подписано для тиражирования 26.08.2019.

Объем издания 2,3 Мб.

Количество носителей 1 диск.

Тираж 10 дисков.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

---

Изд-во Самарского университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ПОДГОТОВКА К ЛЕКЦИЯМ .....	6
ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ .....	6
ВОПРОСЫ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	13

## **ВВЕДЕНИЕ**

Согласно новым требованиям Министерства образования и науки Российской Федерации для каждой дисциплины, читаемой в высшем учебном заведении, требуется наличие методических указаний для самостоятельной работы студентов. Этим требованием объясняется издание данных методических материалов.

Целью методических указаний является формирование у студентов Института авиационной техники Самарского университета специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение профилей подготовки «Самолётостроение», «Авиационные композитные конструкции», бакалавров направления подготовки 24.03.04 Авиастроение (читается на 1 курсе) и 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (читается на 2 курсе) знаний, полученных в процессе самостоятельной подготовки для последующего применения на лабораторных работах, теоретической подготовке к экзамену (зачёту с оценкой) с использованием разработанной методической литературы по дисциплине «Графические редакторы».

В методических указаниях приводится перечень вопросов для самостоятельного углубленного изучения дисциплины.

## ПОДГОТОВКА К ЛЕКЦИЯМ

Для теоретической подготовки студентов в качестве методической поддержки процесса обучения студентам рекомендуется использовать пособия [3, 10, 11, 18, 19].

В теоретическом материале студентам требуется усвоить основные (ключевые) термины, вводимые преподавателем на лекциях или лабораторных работах, а также проследить логическую взаимосвязь понятий между терминами для поэтапного усвоения дисциплины.

Изучение прочитанных лекций студентам рекомендуется непосредственно перед проведением каждой лабораторной работы для усвоения и закрепления материала до начала практической работы в среде САД системы.

## ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Подготовка студентов по темам лабораторных работ осуществляется следующим образом.

**Тема 1. Изучение интерфейса и основы работы в САПР (SIEMENS NX, CATIA).**

Для изучения интерфейса системы CATIA студентам рекомендуются пособия [1, 8], для изучения интерфейса системы NX – пособия [4–7; 15]. Особое внимание студентам при изучении интерфейса необходимо уделить на основные особенности: функциональные возможности и класс САПР, основные модули (рабочие среды), запуск системы, создание и сохранение новых файлов (детали, сборки, и т.п.), настройка интерфейса пользователя, функциональность кнопок мыши при выборе, вращении, перемещении, масштабировании объектов, операции и функции подобластей базового модуля и рабочих модулей (Modeling и Part Design), основные навигаторы, панели инструментов, основные инструментальные команды – их функции и применение, выбор геометрических объектов.

**Тема 2. Основы работы в САД системах.**

Для изучения основ работы в САД системах используются пособия: для CATIA [1, 8], для NX [4, 6, 15]. Цель работы – освоение начальных навыков работы в САД системах. Рекомендуется обратить внимание на ряд функций: открытие существующего файла модели, изменение статуса видимости

объектов, изменение отображения объектов (слой, цвет, тип линии, толщины, и др.), операции преобразования (масштабирование, перемещение, массивы, и др.), изменение положения РСК, работа со слоями, удаление объектов, способы открытия, сохранения и закрытия файлов.

### **Тема 3. Создание и редактирование эскизов в САД-системе. Задание размерных и геометрических ограничений в эскизах.**

Перед подготовкой к занятию студентам необходимо ознакомиться с математическим аппаратом представления кривых в САД системах. Для этого рекомендуется изучить описание кривых в параметрическом виде – см. глава 6 [11], § 14.2 [19]. Методика создания кривых в модуле *Modeling* системы NX рассматривается в пособии [5, с. 34–67].

Для подготовки к занятию студентам рекомендуется изучить правила построения эскизов [3, с. 66-67], применяемые для конкретных операций построения, а также изучить основы создания эскизов в системе NX – часть 3 раздел 4 [6, с. 291–359].

До начала лабораторной работы студентам рекомендуется самостоятельно выполнить построение эскиза на основе задания на примере чертежа «двутавра» и «швеллера» из пособия [9, с. 11] с нанесением геометрических и размерных ограничений.

### **Тема 4. Создание эскизов с применением сопряжений.**

Для подготовки к занятию студентам рекомендуется выполнить упрощённые задания по вариантам на построение сопряжений: задание № 1 – Графическая работа № 3 (2-я часть) [12, с. 45–53], задание № 2 – [9, с. 22–24] – вычертить на основе заданных размеров контуры объекта, нанести размеры в соответствии с заданием и задать необходимые геометрические ограничения. Задание № 3 на примере профиля «Крюк» в пособии [9, с. 17] является обязательным для предварительной подготовки каждого студента.

### **Тема 5. Создание твёрдых тел в САД-системе с использованием различных методов построения (примитивов, булевых операций и др.).**

Перед построением простейших 3D моделей студентам рекомендуется ознакомиться с § 3.2 [3], в системе САТИА – § 7.5 [1], в системе NX – см. § 3.3 [4, с.129–132], часть 3 раздел 1,2,3 [6, с. 251–290]. В части 3 раздел 2 [6] посвящен построению простых примитивов – блок, цилиндр, конус, сфера. Методы построения объемных тел и построение простых примитивов можно найти в пособии [5, с. 69–79].

## **Тема 6. Создание 3D моделей деталей в модуле Modeling NX и в модуле Part Design CATIA.**

Цель работы – освоить создание 3D моделей деталей в основном модуле САД системы с добавлением ограничений в эскизах (практические навыки создания и редактирования эскизов были приобретены ранее при изучении тем 3 и 4). До лабораторной работы студентам рекомендуется ознакомиться с учебной литературой: для CATIA – § 7.5 [1], в системе NX – глава 2 [7, с.26–30]. Построение модели детали с использованием эскизов также рассматривается в пособии [10, с.39–85]. Для подготовки к занятию студентам рекомендуется выполнить упрощённые задания по вариантам на построение 3D моделей деталей согласно пособию [9, с. 25–28].

## **Тема 7. Разработка 3D моделей деталей с уклонами и рёбрами жёсткости. Способы дублирования конструктивных элементов деталей и изучение дополнительных операций.**

До выполнения лабораторной работы студентам рекомендуется ознакомиться с учебной литературой: для CATIA – § 7.5 [1], в системе NX – часть 3 раздел 8 [6, с. 426–461], посвящённый типовым элементам проектирования, например, создания бобышки, кармана, выступа, паза, проточки, отверстия, а также часть 3 раздел 9 [6, с. 462–495], посвящённый операциям с элементами, в частности, рассматривается создание скругления, фаски, уклона, массива элементов, тонкостенного тела и др. Задания по вариантам на построение 3D модели детали с использованием массива объектов можно найти в пособии [9, с. 15–16].

## **Тема 8. Завершение изучения моделирования деталей. Моделирование деталей авиационных конструкций. Измерение размерных и инерционно-массовых характеристик моделей.**

До начала лабораторной работы студентам рекомендуется самостоятельно выполнить моделирование детали авиационной конструкции типа «Вал» в САД системе на примере задания в пособии [17, с. 111] в соответствии с размерами и нанесением технологических обозначений.

Инструментарий NX позволяет разрабатывать изделия, выполненные из листового металла. Для этого применяется модуль «*NX листовой металл*». Модуль включает набор функций, предназначенных для моделирования деталей из листового металла с использованием операций гибки, вытяжки и штамповки. Модуль имеет дополнительную возможность создавать полную и частичную развертку детали с учётом технологических условий её деформации.

Для дополнительного изучения этого модуля рекомендуется часть 3 раздел 10 [6, с. 496–522].

Для подготовки к промежуточному или итоговому контролю самостоятельный тренинг рекомендуется проводить с использованием многочисленных примеров на построение трехмерных моделей конструкций, которые расположены в пособиях [2, 12].

Для построения ассоциативных чертежей, созданных на основе 3D моделей рекомендуется выполнить задание согласно пособию [9, с. 29–34].

### **Тема 9. Создание и редактирование поверхностей свободной формы в САД системах.**

Перед подготовкой к занятию студентам необходимо ознакомиться с математическим аппаратом представления поверхностей в САД системах. Для этого рекомендуется изучить описание поверхностей в параметрическом виде в главе 7 [11], § 14.3 [19].

Перед построением поверхностей свободной формы студентам рекомендуется ознакомиться с учебной литературой: для САТИА – глава 10 [1], для NX – глава 4 [5, с. 96–125], [10, с. 119–146], глава 3 [7]. Различные типы поверхностей свободной формы для системы САТИА представлены в § 10.2[1], методических указаниях [8, с. 31]; для системы NX – [5, с. 96–97].

### **Тема 10. Способы построения рулевых поверхностей самолёта в САД-системах.**

Методика построения рулевых поверхностей самолёта в системе САТИА представлена в методических указаниях [8, с. 24–38]; для системы NX в методических указаниях [14] в лабораторной работе № 6.

### **Тема 11. Проектирование сборок трехмерных деталей средствами модуля «Assembly Design» в САТИА и модуле «Assemblies» в системе NX. Выполнение сборки методами снизу-вверх и сверху-вниз.**

Перед подготовкой к занятию студентам необходимо познакомиться с терминологией создания сборок, базовыми функциями сборок и методами их моделирования (сверху-вниз, снизу-вверх, смешанным способом проектирования, проектированием в контексте сборки) в САД системах – см. раздел 4.5 [18, с. 200–217], [5, с. 152–154].

Методика создания сборок в системе САТИА представлена в главе 1 [1]; создания сборок в системе NX в пособиях: главе 4 [4], главе 7 [7], главе 6 [5], части 4 [6]. Практический пример создания сборки методом снизу-вверх в системе NX представлен в методических указаниях [14] в лабораторной работе № 7.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обучающихся предлагаются следующие вопросы, направленные на углубленное изучение дисциплины «Графические редакторы» и формирующие некоторый базис:

1. Понятия CAD/MCAD-системы. «Уровневая» классификация MCAD-систем. Примеры. Функциональные возможности.
2. Классификация 3D моделей. Понятие «Гибридное моделирование».
3. Понятия «Эскиз», «Операция», «Контур». Расположение эскизов. Требования, предъявляемые к эскизу.
4. Назначение привязок. Типы привязок. Примеры привязок в САД-системе.
5. Геометрическая параметризация. Понятие «Ограничения» для геометрических объектов. Типы параметрических связей и ограничений и их геометрическая интерпретация.
6. Понятие «Ассоциативность» геометрических объектов. Примеры. Назначение ассоциативности.
7. Параметрическое представление пространственной линии.
8. Понятие «Сплайн». Примеры. Постановка задачи при построении сплайна. Характеристические и узловые точки.
9. Кривая Безье. Параметрическое представление сегмента кривых Безье.
10. Понятие «рациональная кривая». Недостаток кривых Безье. Уравнение В-сплайна.
11. Понятия «узлы», «неоднородный сплайн», «NURBS-кривая».
12. Понятие «лоскут». Билинейная поверхность – понятие, геометрическая интерпретация. Уравнение билинейного лоскута.
13. Поверхность Безье с задающим многогранником. Геометрическая интерпретация. Уравнение поверхности Безье.
14. Уравнение В-сплайновой поверхности.
15. Уравнение NURBS-поверхности. Примеры квадратичных поверхностей.
16. Твёрдое тело – признаки, характеристики. Твёрдотельные геометрические объекты. Твёрдотельное моделирование. Основное отличие компьютерного твёрдотельного моделирования от поверхностного моделирования.
17. Функции твёрдотельного моделирования.

18. Понятие «Примитив». Примеры примитивов. Булевы операции. Применение булевых операций к объёмным телам.
19. Функции заметания и скиннинга.
20. Основные (4) и вспомогательные/дополнительные (12) операции построения твёрдых тел.
21. Понятие «поверхность». Математическая модель поверхности: параметрическое описание поверхности. Геометрическая интерпретация.
22. Математическая модель аналитической поверхности. Примеры аналитических поверхностей.
23. Понятия: «Образующая», «Направляющая». Типы поверхностей движения (6).
24. Понятия при моделировании поверхностей: «Строки», «Колонки», «Степень», «Жёсткость». Геометрическая интерпретация строк и колонок.
25. Понятия при моделировании поверхностей: «Кусок поверхности», «Линейная точность», «Угловая точность». Взаимосвязь понятий.
26. Понятия: «компьютерная модель сборки», «подсборка (узел сборки)», «компонент», «рабочая часть», «условие стыковки».
27. Понятия: «стыкуемый компонент», «сопряжения», «мастер-геометрия», «дерево построения сборки».
28. Моделирование детали в контексте сборки. Разнесение объектов сборки (разнесённый вид). Функция «Контроль пересечений».
29. Параметризация сборки. Возможности MCAD для параметризованных сборок (3).
30. Методы моделирования сборок (3). Преимущества и недостатки. Примеры использования.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В методических указаниях для самостоятельной работы приводятся рекомендации для подготовки к лекциям, лабораторным работам, перечень вопросов для углубленного изучения дисциплины «Графические редакторы».

Пособие будет полезно для студентов Института авиационной техники по специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение профилей подготовки «Самолётостроение», «Авиационные композитные конструкции», бакалавров направления 24.03.04 Авиастроение и бакалавров направления 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в качестве методической литературы по дисциплине «Графические редакторы».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Басов, К. А.* CATIA V5. Геометрическое моделирование [Текст] / Басов К.А. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 269 с. – Режим доступа: on-line.
2. *Боголюбов, С. К.* Индивидуальные задания по курсу черчения [Текст]: учеб. пособие / С. К. Боголюбов. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 368 с.
3. *Большаков, В. П.* Твёрдотельное моделирование деталей в САД-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo: 3D-модели и конструкторская документация сборок [Текст] / В. П. Большаков, А. Л. Бочков, Ю. Т. Лячек. – СПб.: Питер, 2015. – 480 с.
4. *Гончаров, П. С.* NX для конструктора-машиностроителя [Текст] / [П. С. Гончаров и др.]. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 504 с. – Режим доступа: on-line.
5. *Гребеников, А. Г.* Основы компьютерного моделирования с помощью интегрированной системы CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPHICS NX (лабораторный практикум) [Текст]: учеб. пособие / [А. Г. Гребеников и др.]. – Харьков: Изд-во ХАИ, 2005. – 198 с.
6. *Ельцов, М. Ю.* Проектирование в NX под управлением Teamcenter [Текст]: учеб. пособие / [М.Ю. Ельцов и др.]; пер. с англ. В.Н. Брагилевского, А.М. Пеленицына. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 752 с. – Режим доступа: on-line.
7. *Данилов, Ю.* Практическое использование NX [Текст] / Ю. Данилов, И. Артамонов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
8. *Комаров, В. А.* Создание 3D моделей авиационных конструкций в программном комплексе CATIA V5 [Текст]: метод. указания / [В. А. Комаров и др.]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2010. – Режим доступа: on-line.
9. *Коршунов, Д. А.* Сборник заданий по компьютерной графике [Текст]: метод. указания / Д. А. Коршунов, Д. А. Курушин, В. И. Холманова. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2010. – 40 с.
10. *Краснов, М. В.* UNIGRAPHICS для профессионалов [Текст] / М. В. Краснов, Ю. В. Чигишев. – М.: Изд-во «ЛЮРИ», 2004. – 319 с.
11. *Ли, К.* Основы САПР. CAD/CAM/CAE / К. Ли; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.

12. *Миронов, Б. Г.* Сборник заданий по инженерной графике с примерами выполнения чертежей на компьютере [Текст] / [Б. Г. Миронов и др.]. – М.: Высшая школа, 2007. – 262 с.
13. *Михайлов, Г. М.* Инженерная графика [Текст]: практикум / [Г. М. Михайлов и др.]. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2010. – 64 с.
14. *Павельчук, М. В.* Основы геометрического моделирования авиационных конструкций в системе SIEMENS NX [Текст]: метод. указания к лаб. работам / М. В. Павельчук. – Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2017. – 65 с. – Режим доступа: on-line.
15. *Садчикова, Г. М.* Изучение интерфейса и основы работы в САПР UNIGRAPHICS NX [Текст]: метод. указания к лаб. работам / Г. М. Садчикова. – Балаково: Изд-во БИТТиУ, 2008. – 24 с.
16. СТО 02068410–004–2018. Общие требования к учебным текстовым документам [Текст]. – Введ. 2018-02-01. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 32 с.
17. *Тарабасов, Н. Д.* Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций [Текст]: справочник / Н.Д. Тарабасов, П.Н. Учайев. – М.: Машиностроение, 1983. – 239 с.
18. *Черепашков, А. А.* Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Черепашков, Н. В. Носов. – Волгоград: «Ин-Фолио», 2009. – 640 с.
19. *Чумадин, А. С.* Теоретические основы авиа- и ракетостроения (в конспектах лекций) [Текст]: учеб. пособие для вузов / [А. С. Чумадин и др.]. – М.: Дрофа, 2005. – 784 с.