


П. Н. Учаев, К. П. Учаева

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

«Инфра-Инженерия» 

П. Н. Учаев, К. П. Учаева

# **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Учебник*

*Под общей редакцией профессора П. Н. Учаева*

Москва    Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2021

УДК 514.18  
ББК 22.151.3  
У90

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. Н. Сызранцев*;  
доктор технических наук, профессор *А. П. Фот*

**Учаев, П. Н.**

**У90** Компьютерная графика в машиностроении : учебник / П. Н. Учаев, К. П. Учаева ; под общ. ред. проф. П. Н. Учаева. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 272 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0714-4

Приведены основы компьютерных технологий для обеспечения автоматизированного проектирования изделий машиностроения. Изложены сведения о CAD/CAM-системах. Рассмотрена структура графических систем для обеспечения технологии создания графических и текстовых документов. Изложены принципы конструирования на базе графических систем. Рассмотрены вопросы технического документооборота.

Для студентов машиностроительных специальностей всех форм обучения. Может быть полезно преподавателям для обеспечения учебного процесса по инженерной графике и другим общетехническим дисциплинам, а также технологам.

УДК 514.18  
ББК 22.151.3

ISBN 978-5-9729-0714-4

© Учаев П. Н., Учаева К. П., 2021

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Базовые термины инженерной и компьютерной графики.....	7
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	11
Раздел I. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ГРАФИКИ.....	13
Глава 1. ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГРАФИКУ.....	13
1.1. Что такое компьютерная графика?.....	13
1.2. Краткие сведения об истории развития компьютерной графики.....	14
1.3. Виды, возможности и области применения компьютерной графики.....	15
1.4. Предмет, цель, задачи, методы и содержание компьютерной графики.....	20
1.5. Компетенция студента в вопросах компьютерной графики ...	21
1.6. Связь курса компьютерной графики с другими дисциплинами.....	22
1.7. Организация учебного процесса по компьютерной графике...	22
Глава 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ .....	24
2.1. Подготовка производства. Автоматизация проектных работ...	24
2.2. Использование компьютерных технологий на производстве...	26
2.3. Понятие о CAD/CAM/CAE-системах.....	28
2.4. Назначение и возможности компьютерных технологий в производстве.....	33
2.5. Движение информации в процессе технической подготовки производства и изготовления изделия.....	36
Глава 3. ПОНЯТИЕ О КОНСТРУИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ .....	40
3.1. Компьютерные технологии на производстве .....	40
3.2. Виды, методы, задачи, параметры, этапы и содержание проектирования .....	42
3.3. Виды и методы автоматизированного проектирования .....	44
3.4. Компьютерное моделирование в процессе технической подготовки производства.....	46
3.5. Функционирование базы данных и прикладных программ в системе автоматизированного конструирования.....	48
Глава 4. СТРУКТУРА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	50
4.1. Общие сведения о графических системах.....	50
4.2. Графические системы, используемые в России.....	54
4.3. Способы и инструменты конструирования деталей и сборок.....	66
4.4. Виды обеспечения графических систем.....	69
4.5. Графическое обеспечение компьютерных технологий (геометрическое моделирование).....	72
Глава 5. НОРМАТИВНАЯ БАЗА ГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	74
5.1. Стандартизация в системах компьютерной графики.....	74
5.2. Стандарты ИСО обмена данными .....	75
Глава 6. ТЕХНИКА СОЗДАНИЯ ДОКУМЕНТА В ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ .....	79

6.1. Начало работы в графической системе.....	79
6.2. Типы документов и файлов.....	85
6.3. Основные приёмы работы в графических системах.....	87
6.4. Механизм привязок.....	89
6.5. Использование сетки.....	92
6.6. Использование слоёв.....	93
6.7. Назначение линий и цвета.....	95
6.8. Импорт и экспорт объектов.....	95
6.9. Подготовка и вывод документа на печать.....	95
<b>Раздел II. ДВУХМЕРНОЕ (2D) ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ.....</b>	<b>98</b>
Глава 7. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ.....	98
7.1. Общие сведения о графических примитивах и алгоритм их построения.....	98
7.2. Построение базовых элементов.....	100
7.3. Построение линейных элементов.....	103
7.4. Построение криволинейных элементов.....	106
7.5. Построение специальных элементов.....	111
Глава 8. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПЛОСКОСТИ.....	114
8.1. Приёмы создания 2D-объекта.....	114
8.2. Управление объектом (эскизом).....	115
8.3. Управление изображением.....	115
8.4. Редактирование геометрии и свойств объектов.....	116
8.5. Нанесение штриховки.....	120
8.6. Нанесение размеров и условных обозначений.....	122
8.7. Параметризация геометрических объектов (эскизов).....	124
8.8. Примеры выполнения 2D-объектов.....	128
<b>Раздел III. ТРЁХМЕРНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОК.....</b>	<b>131</b>
Глава 9. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ.....	131
9.1. Структура процесса создания модели детали.....	131
9.2. Алгоритм создания твёрдотельной модели.....	135
9.3. Формообразование элемента.....	140
9.4. Добавление элементов модели.....	144
9.5. Редактирование элементов модели.....	149
9.6. Визуализация 3D-модели.....	151
9.7. Параметризация модели.....	152
9.8. Оформление и использование модели.....	156
9.9. Обобщённая схема алгоритма создания 3D-модели детали....	157
Глава 10. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КРИВЫЕ И ПОВЕРХНОСТИ.....	159
10.1. Объектная привязка в пространстве.....	159
10.2. Пространственные ломаные и кривые линии.....	159
10.3. Создание и редактирование моделей поверхностей.....	161
10.4. Взаимное пересечение поверхностей геометрических тел....	165
Глава 11. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ И УЧЕБНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	167
11.1. Последовательность создания 3D-моделей учебных деталей... 11.2. Создание 3D-моделей геометрических тел.....	167
11.3. Создание моделей учебных деталей.....	168
Глава 12. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	173

12.1. Общие сведения о конструктивно-технологических элементах деталей.....	173
12.2. Формообразование шпоночных пазов и шлицев.....	175
12.3. Кинематическое формообразование элементов по винтовой линии.....	178
12.4. Формообразование зубьев цилиндрических и конических зубчатых колёс.....	179
<b>Глава 13. ПРИМЕРЫ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ</b> .....	182
13.1. Создание 3D-модели опоры.....	182
13.2. Модели крепёжных деталей.....	186
13.3. Модели деталей вращения.....	188
13.4. Модели зубчатых и червячных колёс.....	192
13.5. Модели вала-шестерни и вала-червяка.....	193
13.6. Модели корпусных деталей.....	197
13.7. Модели шкивов.....	198
<b>Глава 14. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ПОДСБОРОК И СБОРКИ</b> ....	200
14.1. Структура сборки и порядок работы при создании её 3D-модели.....	200
14.2. Основные этапы создания 3D-модели сборки.....	205
14.3. Примеры создания параметрических моделей подборок и сборки.....	206
<b>Раздел IV. СОЗДАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ И ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА БАЗЕ 3D-МОДЕЛЕЙ</b> .....	215
<b>Глава 15. СТРУКТУРА ГРАФИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТА</b> .....	215
15.1. Структурные составляющие рабочего и сборочного чертежей.....	215
15.2. Формат чертежа и основная надпись.....	217
15.3. Изображения.....	217
15.4. Технические требования.....	218
15.5. Таблицы.....	220
<b>Глава 16. СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО 3D-МОДЕЛЯМ. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА И СПЕЦИФИКАЦИЙ</b> .....	222
16.1. Алгоритм создания чертежа.....	223
16.2. Ассоциативные виды.....	228
16.3. Общий алгоритм создания ассоциативного чертежа.....	229
16.4. Алгоритм создания чертежа детали на базе модели.....	230
16.5. Нанесение условных обозначений при оформлении чертежа.....	231
16.6. Процедуры работы с текстом на чертеже.....	231
16.7. Таблицы на чертеже и в текстовом документе.....	232
16.8. Создание спецификации.....	233
<b>Глава 17. ПРИМЕРЫ СОЗДАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ И СПЕЦИФИКАЦИЙ</b> .....	236
17.1. Пример создания чертежа и аксонометрии учебной детали... ..	236
17.2. Пример создания рабочего чертежа типовой детали.....	237
17.3. Пример выполнения сборочного чертежа и спецификации под сборки.....	240
17.4. Пример выполнения сборочного чертежа и спецификации редуктора.....	245

Раздел V. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИКГ.....	248
Глава 18. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ .....	248
18.1. Задания для самостоятельной работы студентов.....	248
18.1.1. Задание первое «Вентиль запорный».....	248
18.1.2. Задание второе «Шестерённый насос».....	249
18.1.3. Задание третье «Приводной вал ремённой передачи» .....	249
18.2. Пример выполнения задания «Приводной вал ремённой передачи».....	250
18.2.1. Алгоритм выполнения задания.....	250
18.2.2. Создание 3D-моделей деталей.....	251
18.2.3. Выполнение 3D-модели сборки.....	254
18.2.4. Построение сборочного чертежа.....	255
18.2.5. Выполнение спецификации.....	256
Глава 19. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИКГ.....	259
19.1. Особенности применения ИКГ на современном этапе.....	259
19.2. Основные направления развития ИКГ.....	260
19.3. Компьютерная графика на предприятии.....	260
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	262
ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ.....	264
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	265
АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	267