

Содержание

Введение	11
Глава 1. Методы 2D- и 3D-геометрического моделирования (лекция 1)	13
1.1. Содержание, цель и задачи курса.....	13
1.2. Платформа nanoCAD – инструментальное средство курса	15
1.3. Методы геометрического моделирования 2D и 3D	16
1.3.1. Сравнение 2D- и 3D-методов моделирования	16
1.3.2. Чертеж – геометрическая 2D-модель объекта.....	17
1.3.3. Начертательная геометрия – «грамматика чертежа» [7].....	18
1.3.4. Виртуальная реальность как основа компьютерного 3D-моделирования	19
1.4. Назначение чертежа и основы его построения.....	21
1.4.1. Зачем сегодня нужен чертеж.....	21
1.4.2. Требования к чертежу	22
1.4.3. Метод проецирования.....	22
1.4.4. Проецирование на две плоскости как условие обратимости чертежа	24
1.4.5. Эпюр Монжа	25
1.4.6. Трехпроекционный комплексный чертеж.....	27
1.4.7. Обозначения объектов и проекций на чертежах. Проекционная связь	28
1.5. Построение 3D-моделей в Платформе nanoCAD.....	29
1.5.1. 3D-модели и режимы их построения	29
1.5.2. Построение точки	30
1.5.3. Модели отрезка и треугольника	30
1.5.4. Твердотельные 3D-модели прямого моделирования. Параллелепипед.....	31
1.6. Средства достижения точности компьютерных построений.....	32
1.6.1. Точность вычислений и построений. Задание координат.....	33
1.6.2. Объектная привязка в 2D-построениях. Круги Аполлония	33
1.6.3. Объектная привязка в 3D-построениях	35
1.7. Построение 3D-модели по ее чертежу.....	36
1.7.1. Осный и безосный чертежи.....	36
1.7.2. Алгоритм построения 3D-модели по безосному чертежу	37
1.8. Построение чертежа по 3D-модели.....	38
1.8.1. Методы 2D- и 3D-построения чертежа	38
1.8.2. Автоматизированный вариант построения чертежа	39
1.9. Аксонометрия.....	41
Вопросы для самоконтроля по главе 1	43
Глава 2. Приложение к лекции 1: Методы 2D- и 3D-геометрического моделирования	44
2.1. Установка программы nanoCAD.....	44
2.2. Создание и сохранение файла	44
2.3. Интерфейс Платформы nanoCAD	45
2.3.1. Элементы интерфейса	45

2.3.2. Настройка строки состояния.....	47
2.3.3. Настройка цветовой гаммы интерфейса	47
2.3.4. Справочная система Платформы nanoCAD.....	47
2.4. Свойства объектов nanoCAD.....	48
2.4.1. Характеристики свойств объектов	48
2.4.2. Задание свойств из Ленты	49
2.4.3. Функциональная панель «Свойства»	49
2.4.4. Управление слоями	49
2.5. Пространство Модели и пространство Листа.....	50
2.6. Система координат в 3D-построениях	50
2.6.1. Мировая, пользовательская и именованная системы координат.....	51
2.6.2. Пиктограммы осей координат – знак ПСК.....	52
2.6.3. Управление отображением пиктограммы ПСК.....	53
2.6.4. Пользовательская системы координат как плоскость 3D-построений	54
2.7. Построение объектов в Платформе nanoCAD	54
2.7.1. Точка.....	54
2.7.2. Отрезок прямой линии. Треугольник. 2D-объекты.....	55
2.7.3. Параллелепипед как 3D-объект прямого моделирования.....	56
2.8. Управление изображением. Визуальные стили	56
2.8.1. Панорамирование и зуммирование	57
2.8.2. Виды ПСК и виды МСК	57
2.8.3. Орбита.....	59
2.8.4. Визуальный стиль	60
2.9. Оценка точности построений на примере изометрии куба.....	61
2.10. Построения по координатам.....	63
2.10.1. Ввод координат с клавиатуры. Точность задания координат	63
2.10.2. Ввод в декартовой системе координат.....	64
2.10.3. Полярная система координат	64
2.10.4. Комбинированный метод	64
2.10.5. Сферические координаты	65
2.10.6. Цилиндрические координаты	66
2.11. Редактирование геометрии объектов.....	66
2.11.1. Команды и средства редактирования	66
2.11.2. Изолирование объектов	68
2.11.3. Копирование через буфер обмена	68
2.12. Режимы построений.....	68
2.13. Объектная привязка и геометрические построения	69
2.13.1. Настройка привязок	70
2.13.2. Отрезок с объектными привязками.....	70
2.13.3. Медианы треугольника	71
2.13.4. Построение кругов Аполлония	71
2.13.5. Пространственная конструкция из отрезков	73
2.13.6. Диагонали наклонного параллелепипеда	74
2.14. Система координат Монжа и система координат nanoCAD	76
2.15. Композиция геометрических примитивов	77
2.15.1. Построение объектов композиции	78
2.15.2. Источники света.....	78
2.16. 2D-метод построения чертежа (чертежа композиции).....	80
2.17. Автоматизированное построение проекций. 2D-Виды	81

2.18. Изометрические виды и проекции в nanoCAD	83
2.19. Построение аксонометрической проекции вручную.....	84
2.20. Шаблон	85
2.20.1. Настройка пространства Модели.....	86
2.20.2. Модели координатных плоскостей.....	86
2.20.3. Настройки пространства Листа	88
2.20.4. Формат чертежа для нашего курса	89
2.21. Определение геометрических характеристик моделей.....	90
2.22. Рекомендации по созданию наглядных 3D-моделей.....	91
2.23. Модели к мультимедийной лекции 1	92
2.23.1. К рис. 1.1 «Модель отрезка».....	92
2.23.2. К рис. 1.2 «Модель конуса»	93
2.23.3. К рис. 1.3 «Методы проецирования».....	94
2.23.4. К рис. 1.4 «Обратимость чертежа»	95
2.23.5. К рис. 1.6 «Построение трехпроекционного чертежа точки».....	96
2.23.6. К рис. 2.8 «Модель и чертеж треугольника в системе координат nanoCAD»	98

Глава 3. Взаимное положение точек, прямых и плоскостей (лекция 2)

3.1. Взаимное положение точек относительно координатных плоскостей.....	99
3.2. Взаимное положение точки и прямой линии	101
3.2.1. Определение взаимного положения точки и прямой по 3D-модели.....	101
3.2.2. Определение взаимного положения точки и прямой по чертежу	103
3.3. Прямые общего и частного положения	104
3.3.1. Термины и определения прямых	104
3.3.2. Прямая общего положения	104
3.3.3. 3D-модели прямых уровня	105
3.3.4. Чертежи прямых уровня.....	108
3.3.5. 3D-модели и чертежи проецирующих прямых	109
3.4. Взаимное положение прямых.....	110
3.4.1. Определение взаимного положения прямых по 3D-модели.....	111
3.4.2. Определение взаимного положения прямых по чертежу	113
3.4.3. Взаимное положение скрещивающихся прямых. Метод конкурирующих точек	114
3.5. Принадлежность точки и прямой линии плоскости.....	116
3.5.1. Задание плоскости	116
3.5.2. Определение принадлежности по 3D-модели	116
3.5.3. Определение принадлежности по чертежу. Недостающая проекция точки....	118
3.5.4. Положение плоскости относительно координатных плоскостей проекций....	120
3.6. Параллельность прямой и плоскости, двух плоскостей.....	121
3.6.1. Задачи на параллельность, решаемые по 3D-модели	121
3.6.2. Параллельность плоскостей на чертеже	122
Вопросы для самоконтроля	123

Глава 4. Приложение к лекции 2: Взаимное положение точек, прямых и плоскостей

4.1. Построение 3D-модели точек различного положения относительно прямой	125
4.2. Определение взаимного положения точек по координатам.....	126
4.3. Построение чертежа точек и отрезка прямой.....	127

4.4. Построение 3D-моделей и чертежей прямых частного положения	128
4.4.1. 3D-модели прямых уровня	128
4.4.2. Последовательность построения чертежа прямых уровня.....	129
4.4.3. Построение проецирующих прямых	130
4.5. 3D-модель прямых различного взаимного положения	131
4.5.1. Построение 3D-модели по координатам точек	131
4.5.2. Построение 3D-модели, заданной на чертеже	133
4.6. Алгоритмы оценки взаимного положения прямых по 3D-модели	134
4.7. Применение кажущегося пересечения для скрещивающихся прямых.....	135
4.8. Построение 3D-моделей плоскостей.....	136
4.8.1. Модель к рис. 3.14 «3D-модели и чертежи плоскости».....	136
4.8.2. Модели к рис. 3.16 «Пространственное положение плоскостей».....	137
4.8.3. Модель к рис. 3.17 «Пример параллельных плоскостей»	138

Глава 5. Проецирование. Пересечение. Перпендикулярность (лекция 3)

5.1. Ортогональное и косоугольное проецирование точки и прямой на плоскость ...	139
5.2. Ортогональное проецирование в nanoCAD	141
5.2.1. Применение функциональной панели «Свойства»	141
5.2.2. Конвертирование в 2D.....	142
5.2.3. Координатные фильтры	142
5.2.4. Автоматизированный чертеж 3D-модели, состоящей из точек, отрезков, и пространственных линий.....	143
5.3. Пересечение прямой линии с плоскостью. Алгоритм 3D.....	144
5.4. Косоугольное проецирование. Алгоритмы 3D	146
5.4.1. Построение недостающей проекции точки	146
5.4.2. Проецирование плоской фигуры на плоскость	147
5.4.3. Построение падающей тени от призмы.....	147
5.5. Построение точки пересечения прямой с плоскостью. Алгоритм НГ	149
5.6. Главные прямые плоскости. Алгоритмы 3D.....	150
5.6.1. Свойства главных прямых	150
5.6.2. Алгоритм 1. На основе пересечения прямой линии с плоскостью	151
5.6.3. Алгоритм 2. На основе пересечения двух плоскостей.....	152
5.7. Построение линии пересечения плоскостей. Алгоритмы 3D	152
5.7.1. Алгоритм 1. На основе пересечения прямых с плоскостями	153
5.7.2. Алгоритм 2. На основе вспомогательной поверхности	153
5.7.3. Алгоритм 3. Преобразование в солиды	154
5.7.4. Проверка правильности построения линии пересечения.	154
5.8. Построение взаимно перпендикулярных объектов. Алгоритмы 3D.....	155
5.8.1. Перпендикуляр к прямой линии	155
5.8.2. Перпендикуляр к плоскости. Алгоритм 3D	156
5.8.3. Плоскость, перпендикулярная прямой, и касательная плоскость	158
5.8.4. Взаимно перпендикулярные плоскости	159
5.9. Теорема о проецировании прямого угла	161
Вопросы для самоконтроля к лекции 3	162

Глава 6. Приложение к лекции 3: Проецирование. Пересечение.

Перпендикулярность	164
6.1. 3D-модели проецирования точки и отрезка.....	164

6.1.1. Модель к рис. 5.1а «Ортогональное и косоугольное проецирование»	164
6.1.2. Модель к рис. 5.2 «Ортогональное проецирование»	165
6.1.3. Применение координатных фильтров	166
6.2. Алгоритм автоматизированного построения чертежа точек и отрезков.....	167
6.2.1. Общий алгоритм	167
6.2.2. Чертеж модели к рис. 5.2 и 5.3 (раздел 5.2) «Ортогональное проецирование». Удаление повторяющихся линий	168
6.2.3. Модель и чертеж к рис. 5.4 «3D-модель пересечения отрезка с плоскостью» ...	170
6.3. Модели косоугольного проецирования	170
6.3.1. Модель к рис. 5.5а «Построение точки в плоскости по фронтальной проекции этой точки»	171
6.3.2. Модель к рис. 5.5б «Построение треугольника в заданной плоскости по его горизонтальной проекции».....	171
6.3.3. Тень от призмы	171
6.4. Модель и алгоритм НГ построения точки пересечения прямой с плоскостью.....	174
6.4.1. Решение для горизонтально проецирующей плоскости. Метод конкурирующих точек	175
6.4.2. Решение для фронтально проецирующей плоскости	176
6.5. Главные прямые плоскости. 3D-модель и алгоритм НГ	178
6.5.1. 3D-модели главных прямых	178
6.5.2. Алгоритм начертательной геометрии построения главных прямых.....	180
6.6. Модели и 3D-алгоритмы пересечения плоскостей.....	181
6.6.1. Модели к рис. 5.9 «3D-алгоритмы построения линии пересечения двух плоскостей»	181
6.6.2. Модель к рис. 5.10 «Пересечение треугольников»	182
6.6.3. Построение линии пересечения плоскостей методами начертательной геометрии	183
6.7. Построение плоского пятиугольника	186
6.7.1. Построение 3D-модели	186
6.7.2. Наглядность 3D-модели и ее проверка	187
6.7.3. Алгоритм построения пятиугольника методами начертательной геометрии	187
6.8. Модели и алгоритмы построения перпендикулярных объектов.....	188
6.8.1. Перпендикуляр из точки к прямой линии	188
6.8.2. Построение ромба. Алгоритм 3D.....	188
6.8.3. Построение ромба. Алгоритм начертательной геометрии	189
6.8.4. 3D-модель перпендикуляра к плоскости	190
6.8.5. Построение перпендикуляра к плоскости. Алгоритм начертательной геометрии	191
6.8.6. Плоскость, касательная к сфере. Алгоритм 3D	192
6.8.7. Плоскость, равноудаленная от двух заданных точек. Алгоритм 3D	193
6.8.8. 3D-модель пирамиды	193
6.8.9. Построение плоскости, перпендикулярной прямой. Алгоритм НГ	195
6.8.10. Модели взаимно перпендикулярных плоскостей. Алгоритмы 3D и начертательной геометрии.....	196
6.8.11. Модель к теореме о проецировании прямого угла	200
Глава 7. Метрические задачи (лекция 4).....	202
7.1. Метрические задачи в Платформе nanoCAD. Алгоритмы 3D	202

7.1.1. Измерение расстояний	202
7.1.2. Измерения углов	203
7.1.3. Угол и расстояние между скрещивающимися прямыми	205
7.1.4. Кратчайшее расстояние между поверхностями	207
7.2. Метрические задачи в начертательной геометрии	209
7.2.1. Проецирование на дополнительную плоскость	209
7.2.2. Преобразование прямой общего положения в прямую уровня	210
7.2.3. Способ прямоугольного треугольника	211
7.2.4. Преобразование прямой уровня в проецирующую прямую	212
7.2.5. Преобразование плоскости в проецирующую плоскость и плоскость уровня	213
7.2.6. Алгоритм проецирования на дополнительную плоскость	215
Вопросы для самоконтроля	215
Глава 8. Приложение к лекции 4: Метрические задачи	217
8.1. 3D-модели метрических задач	217
8.1.1. Измерение двугранного угла (к рис. 7.1а, б)	217
8.1.2. Угол между перпендикулярами плоскостей (к рис. 7.1в)	218
8.1.3. Углы с координатными плоскостями (к рис. 7.1г)	219
8.1.4. Угол и расстояние между скрещивающимися прямыми (к рис. 7.2)	219
8.1.5. Углы и расстояние между диагоналями координатных плоскостей	220
8.1.6. Расстояние между поверхностями конуса и сферы (к рис. 7.3)	220
8.1.7. Расстояние от тора до цилиндра (к рис. 7.4)	222
8.1.8. Преобразование прямой общего положения в прямую уровня (к рис. 7.5) ...	223
8.1.9. Преобразование прямой уровня в проецирующую прямую (к рис. 7.7)	224
8.1.10. Преобразование плоскости общего положения в плоскость уровня (к рис. 7.8)	225
8.2. Автоматическое построение чертежа в метрических задачах. Алгоритм начертательной геометрии	226
8.2.1. Чертеж к преобразованию прямой общего положения в проецирующую прямую	226
8.2.2. Чертеж к преобразованию плоскости общего положения в плоскость уровня (к рис. 7.8)	229
8.2.3. Чертеж к задаче определения расстояния и угла между скрещивающимися прямыми	231
Глава 9. Комплексные задачи (лекция 5)	234
9.1. Об истории и роли комплексных задач	234
9.2. Примеры геометрических множеств	235
9.3. Схема решения комплексных задач	237
9.4. Комплексные задачи на построение точек	238
9.4.1. Точка с заданной проекцией, равноудаленная от двух других точек	238
9.4.2. Точка, равноудаленная от трех точек и на заданном расстоянии от четвертой точки	239
9.4.3. Точка, равноудаленная от двух точек, на заданных расстояниях от третьей точки и от плоскости	240
9.4.4. Точка на заданном расстоянии от трех скрещивающихся прямых	243
9.5. Комплексные задачи как пример исследовательской работы студентов	244
9.5.1. Точки, равноудаленные от трех скрещивающихся прямых	245

9.5.2. Исследование количества решений.....	246
9.6. Комплексные задачи на построение прямых	248
9.6.1. Прямая через заданную точку, параллельная двум плоскостям.....	248
9.6.2. Прямая через заданную точку, пересекающая две скрещивающиеся прямые.....	251
9.6.3. Прямая через заданную точку, перпендикулярная двум скрещивающимся прямым.....	252
9.6.4. Прямая через заданную точку, на заданном расстоянии от другой и пересекающая заданную прямую	253
9.6.5. Прямая через заданную точку, под углом к заданной прямой и на заданном расстоянии от другой точки.....	255
9.7. Комплексные задачи на построение плоскостей	256
9.7.1. Плоскость, удаленная на заданные расстояния от трех заданных точек.....	256
9.7.2. Плоскость, перпендикулярная заданной плоскости, равнонаклоненная к Π_1 и Π_2 и проходящая через заданную точку	260
9.7.3. Плоскость, проходящая через заданную точку и составляющая с Π_1 и Π_2 заданные углы	263
Вопросы для самоконтроля	265
Глава 10. Приложение к лекции 5: Комплексные задачи.....	266
10.1. Материалы к разделу 9.4.1	266
10.2. Материалы к разделу 9.4.2	268
10.3. Материалы к разделу 9.4.3	270
10.4. Материалы к разделу 9.4.4	275
10.5. Материалы к разделу 9.5.1	278
10.6. Материалы к разделу 9.5.2	279
10.7. Материалы к разделу 9.6.1	280
10.8. Материалы к разделу 9.6.2.....	282
10.9. Материалы к разделу 9.6.3.....	284
10.10. Материалы к разделу 9.6.4	286
10.11. Материалы к разделу 9.6.5	289
10.12. Материалы к разделу 9.7.1	292
10.13. Материалы к разделу 9.7.2	297
10.14. Материалы к разделу 9.7.3	299
Глава 11. Геометрические тела (лекция 6).....	304
11.1. Типы 3D-геометрических объектов.....	304
11.2. Многогранники.....	305
11.2.1. Тела Платона	305
11.2.2. Пирамида.....	307
11.2.3. Пересечение многогранника с прямой линией	309
11.2.4. Сечение многогранника (пирамиды) плоскостью	310
11.2.5. Призма.....	311
11.3. Конус	312
11.4. Цилиндр	314
11.5. Сфера.....	316
11.5.1. Свойства сферы и основные определения	316
11.5.2. 3D-модель сферы.....	317
11.5.3. Чертеж сферы.....	318

11.6. Конические сечения – коники.....	318
11.7. Тор.....	320
11.8. Сечения тора.....	321
Вопросы для самоконтроля	323
Глава 12. Приложение к лекции 6: Геометрические тела	325
12.1. 3D-модели тел Платона	325
12.1.1. Додекаэдр	325
12.1.2. Икосаэдр	327
12.1.3. Модель «Икосаэдр вписан в додекаэдр».....	329
12.2. Алгоритмы 3D- и 2D-построений пирамиды и призмы	330
12.2.1. 3D-модель пирамиды к рис. 11.4а	330
12.2.2. Чертеж многогранника (пирамиды) к рис. 11.4б	332
12.2.3. Модель и чертеж к рис. 11.5 (пересечение прямой с пирамидой).....	332
12.2.4. 3D-модель и чертеж сечения пирамиды плоскостью (к рис. 11.6)	333
12.2.5. 3D-модель и чертеж призмы (к рис. 11.7).....	336
12.2.6. Параллелепипед по трем скрещивающимся прямым.....	337
12.3. 3D-модель и чертеж конуса.....	341
12.3.1. Модель конической и цилиндрической поверхностей (к рис. 11.8)	341
12.3.2. 3D-модель пересечения конуса с прямой линией (к рис. 11.9а)	342
12.3.3. Чертеж кругового конуса.....	343
12.4. 3D-модель цилиндра (см. рис. 11.10а)	344
12.5. 3D-модель и чертеж сферы (см. рис. 11.11)	345
12.6. Построение сферы, заданной четырьмя точками	347
12.7. 3D-модели коник.....	351
12.7.1. Методика построения коник	351
12.7.2. Эллипс.....	351
12.7.3. Парабола	353
12.7.4. Гипербола.....	353
12.8. Шары Данделена	354
12.8.1. Теорема Данделена.....	354
12.8.2. Построение 3D-модели теоремы Данделена	356
12.9. «Мистический шестиугольник» Паскаля	359
12.10. 3D-модели и чертеж тора	361
12.11. 3D-модели сечений тора	364
Библиографический список.....	366
Заключение	367

Введение

В учебнике приведено содержание нового лекционно-практического курса, альтернативного традиционному курсу начертательной геометрии, читаемому в вузах студентам инженерных и архитектурно-строительных специальностей и направлений.

Начертательная геометрия (НГ) изучает пространственные свойства объектов на основе отображений объектов на плоскость. НГ является теоретической основой построения чертежа. Преподавание НГ ведут кафедры графики на основе исторически сложившихся методик (в текущем году исполнилось 226 лет со дня начала НГ как самостоятельной учебной дисциплины). Карандаш, циркуль и линейка – вот инструментарий и основанные на нем методики курса, как его сегодня преподают в подавляющем большинстве вузов.

В настоящее время методы НГ практически не применяются при проектировании, а разработки ведутся в формате 3D, в компьютерном варианте его реализации. Сегодня НГ осталась только в учебном процессе кафедр графики.

3D-компьютерное моделирование – это создание реалистичных, объемных, виртуальных моделей. По этим признакам 3D-моделирование принципиально отличается от исторически традиционных 2D-методов проектирования на плоскости путем создания проекций объектов в виде чертежей. В инженерной практике 3D-модели – это узлы и детали машин, здания и сооружения в строительстве.

Подобно тому как НГ считается теоретической основой построения чертежа, новый курс создан как теоретическая основа 3D-моделирования, в котором объектами изучения являются действия над точками, прямыми и поверхностями на основе построения 3D-моделей и операций с ними.

Новый курс содержит 10 лекций и приложений к каждой лекции. В этом издании приведена первая часть курса, содержащая 6 лекций с приложениями. Предусмотрен мультимедийный формат ведения лекции. На лекциях рассматриваются реалистичные 3D-модели, по которым выполняются исследования пространственных свойств объектов. Приложения содержат дополнительные материалы к лекциям, алгоритмы построения моделей и примеры решения задач к практическим занятиям. Для сравнения приводятся решения задач методами НГ.

Темы лекций нового курса повторяют темы курса НГ, но излагаются не на основе построения проекций и их преобразований, а с позиций 3D-компьютерного моделирования, построения реалистичных виртуальных наглядных 3D-моделей.

НГ является одной из самых сложных учебных дисциплин. 3D-методы позволяют сделать содержание курса актуальным, доступным, поднять интеллектуальный уровень решаемых задач, учесть интерес молодежи к компьютерным методам.

Материал каждой лекции представлен в двух главах.

В главах 1, 2 рассмотрены термины и основы 2D- и 3D-геометрического моделирования. Приведены простейшие примеры построения 3D-моделей. Приведена характеристика Платформы nanoCAD как инструментального средства нашего курса.

В главах 3, 4 приведены операции по определению взаимного положения точек, прямых линий и плоскостей как простейших абстрактных объектов, важных для теоретического курса. На этих действиях основана и осваивается техника геометрического моделирования.

В главах 5, 6 рассмотрены операции автоматического проецирования точек и прямых линий на плоскость, автоматического построения чертежа этих объектов, построения точек пересечения, а также построение взаимно перпендикулярных прямых и плоскостей.

В главах 7, 8 приведены методы определения геометрических параметров объектов и моделей – размеров, расстояний, длин, углов, площадей, объемов и т. д., а также метрические задачи, основанные на этих методах. Основное внимание уделено 3D-методам решения в Платформе nanoCAD, но кратко рассмотрены и методы НГ.

В главах 9, 10 рассмотрены комплексные задачи, которые обобщают материал, пройденный в предыдущих лекциях. Показана история комплексных задач и их роль в нашем курсе. Показана эффективность 3D-методов решения, позволяющая «поднять планку» в уровне сложности задач и повысить интеллектуальный уровень студентов. Для сравнения приведены решения комплексных задач методами НГ.

В главах 11, 12 приведены задачи на построение 3D-моделей геометрических тел, построение точек на поверхности тел и точек пересечения тел с прямыми линиями и плоскостями. Рассмотрено построение красивейших тел Платона – додекаэдра и икосаэдра – и не менее красивых пирамиды, призмы, цилиндра, сферы. Особое внимание уделено коническим сечениям, для которых приведены исторические теоремы Паскаля и Данделена. Подробно рассмотрены тор и его исторические сечения: кривые Персея и круги Вилларсо.

Материалы лекций поясняются многочисленными рисунками, при выполнении которых учитывалась не только их геометрическое содержание, но уделялось значительное внимание красоте 3D-моделей, построенных в Платформе nanoCAD. Красота моделей, как и компьютерная виртуальность моделей, призвана способствовать привлечению внимания студентов к учебному курсу.

Начиная с 1991 г., когда в России появились программные продукты 3D-компьютерной графики, автор развивает это направление и внедряет его в курсы подготовки студентов инженерных и строительных специальностей, а также архитекторов [1, 2, 3].

С 2021 года автор преподает графические дисциплины на базе Платформы nanoCAD. В 2024 году при финансовой и организационной поддержке компании «Нанософт разработка» автором издан учебник «Инженерная 3D-компьютерная графика. Платформа nanoCAD» [4]. Настоящий учебник также издается при поддержке компании «Нанософт разработка».

ГЛАВА 1

Методы 2D- и 3D-геометрического моделирования (лекция 1)

Первая лекция вводит студентов в изучаемый курс. Рассмотрены термины и основы 2D- и 3D-геометрического моделирования и проектирования, дано их сравнение и обозначена взаимосвязь. Нужен ли сегодня чертеж и каковы современные методы его построения? Что такое начертательная геометрия? Представлены простейшие примеры построения 3D-моделей. Приведена характеристика Платформы nanoCAD как инструментального средства нашего курса.

1.1. Содержание, цель и задачи курса

Название курса: «Теоретические основы инженерной 3D-компьютерной графики». Курс представляет собой современную альтернативу традиционному курсу «Начертательная геометрия» и ориентирован на студентов всех инженерных специальностей.

Расшифруем название курса. Это требует знакомства с рядом определений.

Инженерная компьютерная графика – учебная дисциплина, которая изучает построение геометрических моделей, в том числе чертежей, инженерной сферы деятельности (т. е. машин и механизмов, их деталей, зданий и сооружений и др.) с использованием компьютерных технологий, заключающихся в применении компьютеров и графических программ в качестве инструмента.

Теоретическая основа курса – это раздел курса, в котором объектами изучения являются точки, прямые, плоскости, особенности их взаимного положения. Также объектами изучения являются базовые геометрические фигуры (их еще называют «геометрическими примитивами»: призма, конус, сфера и др.), построение и свойства сложных «классических» поверхностей (параболоид, гиперболоид, торс и др.). Из этих абстрактных моделей состоят модели реальных объектов. Знание теоретических основ позволит в следующих семестрах уверенно перейти к практической части курса, где моделями являются детали машин и строительные сооружения.

Модель – представление данных об объекте, показывающее его свойства, существенные для изучения объекта. В процессе изучения модель заменяет реальный объект. Возможны математические, геометрические, многочисленные физические модели одного и того же объекта. Например, $x^2 + y^2 = R^2$ – математическая модель окружности, в ней модель представлена математическими символами и их взаимосвязями. Начерченная циркулем окружность – ее геометрическая модель.

Геометрическая модель воспроизводит объект посредством геометрических примитивов и их взаимосвязей (пересечение, параллельность, форма и взаимное положение поверхностей и др.). Например, тонкий цилиндр – геометрическая модель карандаша, отображает его форму, длину, диаметр и пространственное положение. Отрезок прямой линии также может быть моделью карандаша, если его размеры малы по сравнению с размерами других элементов. То есть объект в зависимости от решаемой задачи может иметь множество моделей, в том числе и геометрических. Важное преимущество геометрических моделей перед математическими заключается в их наглядности.

Что означает «3D» в названии нашего курса? Различают 2D- и 3D-геометрические модели (*D* – Dimension: измерение, размерность). *2D-модели* – это чертежи, построенные в виде проекций на плоскости (см. ниже, раздел 1.3.1). В нашем курсе мы изучаем 2D-моделирование как частный случай геометрического моделирования. *3D-модели* – это объемные модели. Они могут быть физическими (макеты из глины, дерева, металла...). Сегодня в инженерном проектировании 3D-модели первоначально создают на компьютере и только после этого переходят к созданию реальных моделей, комплекта документации (в том числе чертежей) и созданию реальных объектов. В нашем курсе мы будем строить компьютерные 3D-модели и по ним изучать свойства реальных объектов.

Важно также разобраться в следующих двух определениях.

Пространственное мышление – это способность умственной деятельности видеть и представлять мир трехмерным, объемным, создавать пространственные образы, мыслить в терминах изображений и использовать их для решения практических и творческих задач.

Логическое мышление – это мыслительный процесс, которому свойственна доказательность, рассудительность и целью которого является получение обоснованного вывода из имеющихся предпосылок.

На основе приведенных определений сформулируем цель и задачи нашего курса.

Цель курса: изучение теоретических основ 3D-компьютерного геометрического моделирования применительно к задачам инженерной сферы деятельности.

Задачи учебного курса:

- 1) изучение и исследование геометрических свойств объектов методами компьютерного 3D-моделирования;
- 2) развитие пространственного и логического мышления;
- 3) освоение современных методов геометрического моделирования на базе Платформы nanoCAD;

4) изучение методов начертательной геометрии (НГ) в объеме, необходимом для чтения и построения чертежей.

Содержание и структура курса: 10 мультимедийных лекций, 16–18 практических занятий в компьютерном классе, решение задач методами компьютерного 3D-моделирования, контрольные работы и контрольно-графические задания. Завершается курс экзаменом.

Контрольно-графические задания (КГЗ)

КГЗ – это самостоятельная работа студента, подводящая итог отдельным разделам курса. Оценки по КГЗ составляют основу общей экзаменационной оценки. Предусмотрены три КГЗ:

- 1) КГЗ_1. Решение комплексных задач;
- 2) КГЗ_2. Исследование линии пересечения поверхностей второго порядка;
- 3) КГЗ_3. Расчет продолжительности инсоляции.

Рекомендуемая учебная литература [4, 5, 6] приведена в разделе «Библиографический список».

1.2. Платформа nanoCAD – инструментальное средство курса

Компьютерное моделирование предполагает применение графических программ. В течение 25–30 лет автор развивал и преподавал излагаемый курс в различных программах САПР. Начиная с 2022 г., в связи с требованиями импортозамещения, инструментальным средством курса является российская Платформа nanoCAD – продукт компании «Нанософт».

Расшифруем обозначение программы. «CAD» (Computer Aided Design) – «компьютерная поддержка проектирования». Эту часть обозначения в русской транскрипции расшифровывают как САПР – «система автоматизированного проектирования или система автоматизации проектных работ». Приставка «nano» (единица измерения, равная 10^{-9}) символизирует высокую точность построений. Из физики известно, что на этом уровне размеров проявляются качественно новые свойства материалов. Таким образом, nanoCAD – система автоматизированного проектирования высокой точности и нового качественного уровня проектирования.

Широта возможностей nanoCAD позволяет применять его как инструментальную базу при обучении широкому спектру учебных дисциплин. Мы будем использовать nanoCAD в нашем курсе теоретических основ геометрического моделирования. В следующем семестре – применять в курсе инженерной и компьютерной графики. На старших курсах студенты архитектурно-строительных специальностей будут изучать решение задач архитектурного и строительного проектирования на основе многочисленных модулей и вертикальных приложений Платформы nanoCAD. Примеры приложений: «СПДС» – строительные чертежи; BIM – 3D-модели зданий, системы отопления, электрооборудования, охранно-пожарная сигнализация; GeoniCS – землеустройство. Машинострои-

тели могут применять nanoCAD для проектирования деталей, машин, механизмов. Приборостроители – для разработки электросхем и т. д. Все приложения являются надстройками (дополнениями) к Платформе nanoCAD. Для нашего курса достаточно одной Платформы.

Платформа nanoCAD – сравнительно молодой и развивающийся программный продукт. Первая его версия выпущена компанией «Нанософт» в 2008 г. Версии ежегодно обновляются. Материал нашего учебника адаптирован к версиям 24.1 и 25.0, выпущенным в 2024–2025 гг.

О том, как установить Платформу nanoCAD на домашний компьютер и начать в ней работать, сказано в главе 2. Там же приведены сведения об интерфейсе и командах программы, алгоритмы решения задач и построения моделей. К разделам этой главы необходимо самостоятельно обращаться при решении задач нашего курса.

- Лектору: покажите содержание главы 2 как справочного материала. Остановитесь на разделах 2.1–2.3, посвященных установке и интерфейсу Платформы nanoCAD. Откройте nanoCAD и покажите элементы интерфейса на экране.

1.3. Методы геометрического моделирования 2D и 3D

Моделирование – метод исследования объектов или процессов реального мира на основе их моделей. *Геометрическое моделирование* – исследование пространственных свойств объектов на основе геометрических моделей (см. выше: *геометрические модели*, раздел 1.1).

1.3.1. Сравнение 2D- и 3D-методов моделирования

В зависимости от применяемых моделей различают двумерные (2D) и трехмерные (3D) методы геометрического моделирования. Рассмотрим и сравним эти методы на примере моделей отрезка прямой линии. (Построение моделей – см. раздел 2.7.)

3D-модель отрезка (рис. 1.1а, б) прямой линии построена в Платформе nanoCAD. Это модель пространственная и наглядная, поэтому легко воспринимается зрением и сознанием человека. Средства nanoCAD позволяют осмотреть модель с разных сторон, выполнить измерения: определить координаты концов отрезка, углы отрезка с плоскостями координат.

2D-модель отрезка (рис. 1.1в) – это его чертёж, выполненный на плоскости, например на листе бумаги в клеточку. Чертёж не обладает наглядностью 3D-модели. Чтобы понять по нему пространственное положение и параметры отрезка, требуется специальная подготовка. При вращении 2D-модели видно, что это плоское изображение (рис. 1.1г), которое может быть вырождено в прямую линию.

Построение модели к рис. 1.1 приведено в разделе 2.23.1.

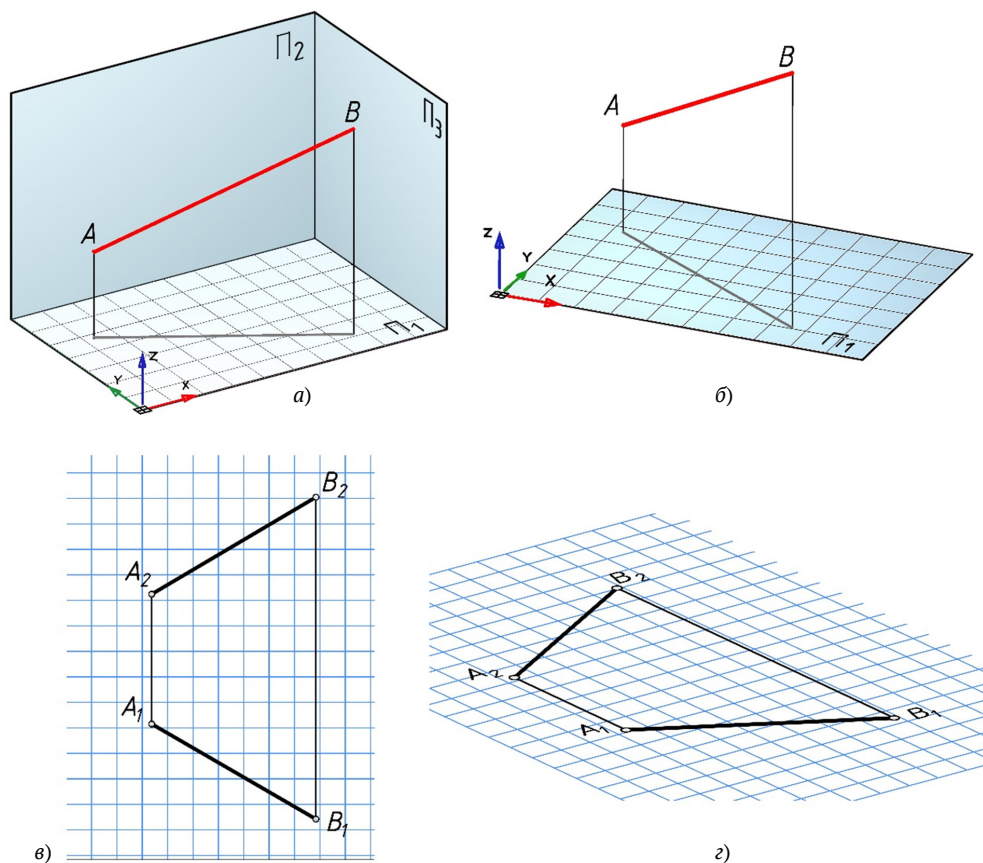


Рис. 1.1. Модель отрезка:

a, б – 3D-модель при различном направлении взгляда;
в – 2D-модель (чертеж), взгляд перпендикулярно плоскости чертежа;
г – взгляд под непрямым углом к плоскости

○ Лектору:

- откройте файл «Сравнение 2D-3D отрезок .dwg» (см. раздел 2.23.1);
- вращайте 3D-модель отрезка, демонстрируя виртуальную реальность моделей;
- покажите чертеж отрезка, вращайте и покажите, что чертеж является плоским и не обладает наглядностью;
- по 3D-модели определите метрические характеристики отрезка, например, командой «Список» или через окно «Свойства»: длину отрезка, координаты его конечных точек, углы наклона.

1.3.2. Чертеж – геометрическая 2D-модель объекта

2D-модели – это чертежи на плоскости, на листе бумаги, где каждая точка в плоскости чертежа имеет две координаты (отсюда и название «2D»). Мы живем в трехмерном мире и нам естественно 3D-моделирование. Но до появления компьютеров построение 3D-моделей объектов было или более сложным, чем создание чертежей, или вообще невозможным. Поэтому 2D-построения

в виде чертежей преобладали над 3D-моделями, и до появления компьютерных 3D-программ являлись основным методом проектирования.

При использовании 2D-технологии проектирования конструктор создает чертеж, содержащий плоские изображения объекта: его виды, разрезы и сечения. Объемная модель проектируемого изделия формируется мысленно, в голове конструктора. Этот метод является традиционным, используется уже веками, оставаясь распространенным и по сей день.

Основные инструменты такой технологии – лист бумаги, карандаш, линейка и циркуль. Существуют и компьютерные версии 2D-проектирования, где компьютер служит лишь инструментом автоматизации рутинной графической работы: проведения линий нужной толщины, оформления надписей заданным шрифтом, прорисовки стрелок требуемой формы и т. д., но не более.

1.3.3. Начертательная геометрия – «грамматика чертежа» [7]

Теоретической основой 2D-построений является начертательная геометрия.

Начертательная геометрия (НГ) – наука и учебная дисциплина, изучающая пространственные свойства объектов на основе отображений объектов на плоскость чертежа (проекций). НГ является теоретической основой построения чертежа, содержащей закономерности и принципы его построения.

Различают прямую и обратную задачи НГ. Прямая задача – построить чертеж объекта, отвечающий предъявляемым к нему требованиям (о требованиях к чертежу – см. ниже, раздел 1.4.2). Обратная задача – по чертежу воспроизвести 3D-модель объекта, позволяющую построить этот объект.

Основателем НГ является *Гаспар Монж* (1746–1818) – французский математик, геометр, государственный деятель. Его трактат «Начертательная геометрия» [6], который вышел в свет в 1799 г., считается началом этой науки и учебной дисциплины.

Возникла НГ как следствие сложности 3D-моделирования. Приведем две цитаты из юбилейного сборника¹, посвященного Г. Монжу:

«Анализируя решения стереометрических задач посредством геометрических построений, он [Г. Монж] убедился, что такое решение является только умозрительным, но что конкретно посредством чертежных инструментов оно невыполнимо. Его можно бы выполнить пластически в пространстве трех измерений, если бы имели возможность совершать в этом пространстве такие “чертежные” манипуляции, как построение линий, плоскостей и вообще любых поверхностей. Но, как известно, это невозможно. Мало того, мы не можем даже фиксировать точку в пространстве».

«...Гаспар Монж свел невозможные <...> построения в пространстве трех измерений к действиям над двумя ортогональными проекциями какого-либо тела...»

¹ *Каргин Д. И.* Гаспар Монж – творец начертательной геометрии / Гаспар Монж: сборник статей к двухсотлетию со дня рождения. – Изд-во АН СССР, 1947. – С. 17–44.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru