

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.В. ЧУДИНОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2010

УДК 621.7:744(075.8)

Ч-842

Рецензенты:

канд. техн. наук, профессор *В.Г. Буров*;

канд. пед. наук, доцент *Т.В. Андрюшина*

Чудинов А.В.

Ч-842 Теоретические основы инженерной графики : учеб. пособие / А.В. Чудинов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. – 396 с.

ISBN 978-5-7782-1343-2

Изложены теоретические основы инженерной графики на базе начертательной, аналитической, вычислительной геометрий, а также стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Приведены упражнения и указания к выполнению учебных заданий по геометрическому моделированию в компьютерном графическом редакторе AutoCAD.

Предназначено для студентов, обучающихся по всем инженерно-техническим направлениям и специальностям.

УДК 621.7:744(075.8)

ISBN 978-5-7782-1343-2

© Чудинов А.В., 2010

© Новосибирский государственный
технический университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Принятые обозначения	8
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ТЕОРИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ГЕО- МЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	9
1. Что такое начертательная геометрия?	9
2. Геометрическое моделирование – инструмент познания действительности	10
3. Геометрическое пространство и его элементы	11
4. Проекционное отображение – аналог понятия функции	12
5. Метод двух изображений	15
6. Модель точки в ортогональных проекциях	17
Выводы	22
Упражнение	23
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	25
Глава 2. ПРЯМАЯ ЛИНИЯ И ПЛОСКОСТЬ	26
1. Положение прямой в пространстве	26
2. Длина и угол наклона отрезка прямой (способ прямоугольного треуголь- ника)	34
3. Взаимное положение двух прямых	37
4. Положение плоскости в пространстве	41
5. Расположение плоскости относительно основных плоскостей проекций	42
5.1. Плоскость общего положения	42
5.2. Плоскость частного положения	43
Выводы	45
Упражнение	46
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	52
Глава 3. ПРЯМАЯ И ТОЧКА В ПЛОСКОСТИ. СПОСОБЫ ПРЕОБРА- ЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ	53
1. Принадлежность прямой линии плоскости	53
1.1. Прямая общего положения в плоскости	54
1.2. Главные линии плоскости	55
2. Способы преобразования проекций	59
2.1. Плоскопараллельное перемещение	59
2.2. Вращение вокруг осей, перпендикулярных плоскостям проекций	61
2.3. Вращение вокруг осей, параллельных плоскостям проекций	62

2.4. Вращение вокруг осей, лежащих в плоскостях проекций (совмещение с плоскостями проекций)	64
2.5. Замена плоскостей проекций	65
Выводы.....	67
Упражнение	68
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	71
Глава 4. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ И ПРЯМЫХ ЛИНИЙ. ОБОБЩЕННЫЕ ПОЗИЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ	72
1. Взаимное расположение прямой линии и плоскости	72
1.1. Прямая линия, параллельная плоскости	72
1.2. Прямая линия, пересекающая плоскость (общий случай)	73
1.3. Прямая линия, перпендикулярная плоскости	74
2. Взаимное расположение плоскостей.....	75
2.1. Плоскости параллельные	75
2.2. Плоскости пересекающиеся (общий случай)	78
2.3. Плоскости взаимно перпендикулярные	80
3. Взаимно перпендикулярные прямые	81
4. Обобщенные позиционные задачи	82
4.1. Пересечение кривой линии с поверхностью	83
4.2. Пересечение поверхностей.....	84
4.3. Пересечение поверхностей второго порядка.....	86
Выводы.....	87
Упражнение	88
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	92
Глава 5. СООТВЕТСТВИЕ ПЛОСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ И ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПРОЕКЦИРОВАНИИ.....	93
1. Об аналогии между понятиями «функция» и «отображение».....	93
2. Перспективная коллинеация	98
3. Перспективно-аффинное (родственное) соответствие	100
4. Сравнение двух гомологий	101
Выводы.....	104
Упражнение	104
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	105
Глава 6. ПРОЕКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ	106
1. Внешняя форма предметов и необходимость выявления их внутренних контуров.....	106
2. Системы расположения изображений.....	109

3. Виды	110
3.1. Основные виды	111
3.2. Дополнительные виды	112
3.3. Местные виды	113
4. Разрезы	113
4.1. Виды разрезов	114
4.2. Обозначение разрезов	119
5. Сечения	121
6. Условности и упрощения	124
Выводы	126
Упражнение	127
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	139
Глава 7. КРИВЫЕ ЛИНИИ	140
1. Способы образования кривых линий	141
2. Классификация кривых линий	141
3. Способы задания кривых линий	143
4. Касательная и нормаль к кривой линии	144
5. Уравнения касательной и нормали	145
6. Вектор-функция	147
7. Кривизна кривой	148
8. Круг кривизны	148
9. Эволюта и эвольвента	150
10. Кривизна окружности	152
11. Кривые линии второго порядка	154
11.1. Эллипс	154
11.2. Парабола	156
11.3. Гипербола	157
12. Конические сечения	159
13. Проекция кривых линий	160
14. Эллипс – фигура, родственная окружности	162
15. Окружность в плоскости общего положения	164
15.1. Определение величины малой оси эллипса с помощью понятия родственного соответствия	164
15.2. Определение величины малой оси эллипса методом замены плоскостей проекций	166

15.3. Определение величины малой оси эллипса с применением линии наибольшего наклона плоскости	166
Выводы	169
Упражнение	169
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	170
Глава 8. КРИВЫЕ ЛИНИИ, ИМЕЮЩИЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕ- НИЕ. ОБВОДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ	171
1. Некоторые плоские кривые, имеющие практическое применение	171
1.1. Циклические кривые	171
1.2. Спирали	180
1.3. Подеры	182
1.4. Кривые линии в природе (жук-геометр)	182
2. Плоские составные кривые линии (обводы) при проектировании поверх-	
ностей	185
2.1. Аппроксимация точечных массивов	185
2.2. Форма аналитически заданной кривой и ее анализ	186
2.3. Характерные точки кривых	189
2.4. Порядок гладкости обводов	190
2.5. Основные способы построения обводов	191
2.5.1. Интерполяция дугами окружностей	192
2.5.2. Интерполяция кривыми второго порядка	193
2.5.3. Интерполяция обводов сплайн-функциями	194
Выводы	196
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	197
Глава 9. МНОГОГРАННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ И МНОГОГРАННИКИ. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ	198
1. Многогранные поверхности	198
2. Некоторые виды многогранников	199
3. Пересечение многогранника плоскостью	201
4. Пересечение прямой линии с многогранной поверхностью	204
5. Взаимное пересечение многогранников	206
6. Развертки многогранников	210
6.1. Способ нормального сечения	210
6.2. Способ раскатки	212
6.3. Способ треугольников (триангуляции)	213
7. Систематизация поверхностей	214

Выводы.....	215
Упражнение.....	216
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки.....	217
Глава 10. СЛОЖНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ	218
1. Определение поверхности.....	219
2. Способы образования поверхностей.....	219
2.1. Образование поверхностей при помощи движущейся линии.....	220
2.2. Образование поверхностей при помощи движущейся поверхности.....	221
3. Способы задания поверхностей.....	224
3.1. Графический способ задания кинематических поверхностей.....	225
3.2. Аналитический способ задания поверхностей.....	226
3.3. Пример аналитического способа задания поверхности.....	227
4. Дифференциальная геометрия поверхностей.....	229
4.1. Трехгранник Френе.....	229
4.2. Естественные координаты пространственной кривой.....	231
5. Кривые линии на сфере.....	232
6. Касательные и нормали к поверхности при обработке ее на станках с ЧПУ ...	233
7. Обводы поверхностей и методы их проектирования.....	235
7.1. Каркасно-кусочный метод проектирования.....	235
7.2. Каркасно-кинематический метод проектирования.....	237
Выводы.....	238
Упражнение.....	239
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки.....	241
Глава 11. ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ И ВИНТОВЫЕ	242
1. Поверхности вращения.....	242
2. Уравнение поверхности вращения в общем виде.....	243
3. Примеры поверхностей вращения.....	244
3.1. Сфера.....	244
3.2. Цилиндр вращения.....	245
3.3. Конус вращения.....	246
3.4. Гиперболоид вращения.....	246
3.5. Тор.....	249
4. Винтовые поверхности.....	254
4.1. Прямой геликоид.....	256
4.2. Другие виды винтовых поверхностей.....	258

Выводы.....	262
Упражнение	262
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	264
Глава 12. ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	265
1. Способ образования поверхностей движением прямой линии	265
2. Линейчатые поверхности с одной направляющей – торсовые поверхности	270
2.1. Конические поверхности	271
2.2. Цилиндрические поверхности	272
3. Линейчатые поверхности с двумя направляющими и плоскостью параллелизма (поверхности Каталана).....	274
3.1. Цилиндроид	274
3.2. Коноид.....	277
3.3. Гиперболический параболоид (косая плоскость).....	281
Выводы.....	284
Упражнение	284
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	288
Глава 13. ПЛОСКОСТЬ, КАСАТЕЛЬНАЯ К ПОВЕРХНОСТИ. РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	289
1. Плоскость, касательная к поверхности.....	289
1.1. Основные понятия.....	289
1.2. Построение касательной плоскости	294
2. Развертки поверхностей	297
2.1. Порядок построения разверток в общем случае	297
2.2. Основные свойства развертывающихся поверхностей	298
2.3. Примеры развертывания кривых поверхностей.....	298
2.4. Развертки неразвертывающихся поверхностей.....	303
Выводы.....	304
Упражнение	305
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	314
Глава 14. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ	315
1. Основные понятия	315
2. Суть способа получения аксонометрических проекций	316
3. Показатели искажения по осям и виды аксонометрических проекций	318
4. Зависимость между показателями искажения в аксонометрии.....	320
5. Стандартные виды аксонометрических проекций.....	323

5.1. Прямоугольная изометрия.....	323
5.1.1. Окружность в прямоугольной изометрии	325
5.1.2. Пример построения геометрического объекта в прямоугольной изометрии	328
5.2. Прямоугольная диметрия	330
6. Косоугольные аксонометрические проекции.....	337
6.1. Фронтальная изометрическая проекция.....	337
6.2. Горизонтальная изометрическая проекция.....	338
6.3. Фронтальная диметрическая проекция	339
Выводы.....	341
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	342
Глава 15. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МАКРО- И МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	343
1. Параметризация макрогеометрии поверхностей технических изделий	344
1.1. Подразделение поверхностей детали по отношению к поверхностям других деталей, входящих в изделие	344
1.2. Параметры формы и параметры положения поверхностей	346
1.3. Задание размеров.....	346
1.3.1. Базирование и базы.....	346
1.3.2. Количество размеров для полного определения формы деталей.....	350
1.3.3. Размеры формы и размеры положения поверхностей.....	355
1.3.4. Конструктивная неопределенность баз	356
1.4. Нанесение размеров	357
1.5. Осевые и центровые линии	357
1.6. Предельные отклонения размеров и указание их на чертежах.....	361
1.7. Отклонения формы и расположения поверхностей и указание их на чертеже.....	365
2. Параметризация микрогеометрии поверхностей технических изделий	368
Выводы.....	370
Упражнение	371
Вопросы для самоконтроля и самоподготовки	384
Заключение	385
Библиографический список	386