

УДК 744:004.9nanoCAD
ББК 32.973
К88

Рецензент:

А. М. Плаксин, д-р техн. наук,
професор Южно-Уральского государственного аграрного университета,
«Почетный работник ВПО РФ»

Кувшинов Н. С.

К88 nanoCAD Механика. Инженерная 2D и 3D компьютерная графика: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 528 с.: ил. / САПР-ПЛАТФОРМА nanoCAD.

ISBN 978-5-97060-839-5

В учебном пособии рассматривается работа в программе nanoCAD Механика, созданной на базе САПР-платформы nanoCAD российской компанией «Нанософт».

За основу взяты две предыдущие работы автора «nanoCAD PLUS 10. Адаптация к учебному процессу» (Сер.: САПР-платформа nanoCAD. М.: ДМК Пресс, 2019. 346 с.; электронная версия учебного пособия: www.litres.ru/nikolay-kuvshinov) и «nanoCAD МЕХАНИКА 9.0. Инженерная 2D- и 3D-графика» (Сер.: САПР-платформа nanoCAD. М.: ДМК Пресс, 2019. 476 с.; электронная версия книги: www.litres.ru/nikolay-kuvshinov), содержание которых систематизировано, переработано и дополнено рядом новых необходимых сведений, включая вопросы автоматизированного проектирования крепежных соединений деталей, фланцевых соединений и валов на основе специализированных инструментов и модулей nanoCAD Механика. Приведены многочисленные примеры поэтапного проектирования учебных и натуральных деталей и изделий.

Структура и методика изложения материала в учебном пособии соответствуют ФГОС ВО 3+-. Оно предназначено для самостоятельной работы студентов, обучающихся по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Инженерное дело, технологии и технические науки».

Учебное пособие может быть рекомендовано для преподавателей и аспирантов высших учебных заведений, а также для конструкторов и технологов различных компаний, интересующихся отечественными САПР-платформами.

УДК 744:004.9nanoCAD
ББК 32.973

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-97060-839-5

© Кувшинов Н.С., ЗАО «Нанософт», 2020
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2020

Содержание

Предисловие	11
Часть I. ИНЖЕНЕРНАЯ 2D КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА	16
Глава 1. Интерфейс. Вызов команд. Справочная система	17
1.1. Открытие рабочего окна на экране монитора.....	17
1.2. Вызов исполняющих команд	20
1.3. Отмена и возврат действия команд.....	20
1.3.1. Основные способы отмены действия команд	20
1.3.2. Основные способы возврата действия команд.....	21
1.4. Дополнительные панели инструментов.....	22
1.5. Справочная система.....	23
1.5.1. Получение сведений об исполняющих командах.....	23
1.5.2. Получение сведений об объектах чертежа	24
1.6. Система NormCS	25
1.7. Основные настройки элементов оформления	28
1.8. Возможность работы с чертежами AutoCAD	29
Глава 2. Создание чертежей-прототипов	30
2.1. Заготовка чертежа-прототипа «Деталь».....	30
2.1.1. Запуск nanoCAD и присвоение имени заготовке чертежа	30
2.1.2. Настройка размеров формата	30
2.1.3. Создание новых слоев и задание их параметров	31
2.1.4. Автоматизированная вставка формата в заготовку чертежа-прототипа «Деталь».....	33
2.1.5. Автоматизированное заполнение основной надписи вставленного формата	35
2.1.6. Сохранение заготовки чертежа-прототипа «Деталь» и закрытие nanoCAD	38
2.2. Заготовка чертежа-прототипа «Сборочный чертеж»	38
2.2.1. Запуск nanoCAD и присвоение имени заготовке чертежа	38
2.2.2. Настройка размеров формата	38
2.2.3. Остальные необходимые настройки	38
2.2.4. Сохранение заготовки чертежа-прототипа «Сборочный чертеж» и закрытие редактора	39
2.3. Заготовка чертежа-прототипа «Спецификация сборочного чертежа»	39
2.3.1. Запуск nanoCAD и присвоение имени заготовке чертежа	40
2.3.2. Настройка размеров формата	41
2.3.3. Автоматизированная вставка заглавного листа спецификации в заготовку чертежа-прототипа «Спецификация сборочного чертежа»	41
2.3.4. Автоматизированное заполнение заглавного листа спецификации.....	44

2.3.5. Автоматизированная вставка спецификации, встраиваемой в сборочный чертеж изделия	49
Глава 3. Команды, режимы и средства для выполнения чертежей	53
3.1. Основные режимы строки состояния	54
3.1.1. Режим черчения ОРТО	54
3.1.2. Режим черчения ОТС-ПОЛЯР	54
3.1.3. Режим черчения ДИН-ВВОД	56
3.1.4. Режим ВЕС	57
3.1.5. Режим ШТРИХОВКА	57
3.2. Режимы объектной привязки	57
3.2.1. Постоянный режим объектной привязки	58
3.2.2. Временный режим объектной привязки	58
3.3. Средства выбора объектов чертежа	60
3.3.1. Основной способ выбора одного объекта	60
3.3.2. Основной способ выбора нескольких объектов	60
3.3.3. Выбор нескольких объектов «простой» рамкой	60
3.3.4. Выбор нескольких объектов «секущей» рамкой	61
3.3.5. Исключение объектов из выбранного набора	61
3.3.6. Выбор объектов опциями из командной строки	61
3.4. Средства управления изображением чертежа	61
3.5. Средство копирования свойств объектов	63
3.6. Буфер обмена	64
3.6.1. Работа с «горячими клавишами»	64
3.6.2. Работа с командами из выпадающего меню Правка	65
3.7. Перевод выбранного слоя чертежа в состояние активного текущего слоя	67
3.8. Задание объектам чертежа независимых параметров	68
3.9. Деление примитивов на равные части	69
3.10. Линии обрывов и разрывов	72
3.10.1. Способ № 1. Использование команды Дуга по 3 точкам	72
3.10.2. Способ № 2. Использование команды Сплайн	73
3.10.3. Способ № 3. Использование команды Криволинейный разрыв	75
3.11. Плоские контуры	76
3.11.1. Плоские контуры группы № 1	76
3.11.2. Плоские контуры группы № 2	76
3.11.3. Плоские контуры группы № 3	77
3.11.4. Плоские контуры группы № 4	78
3.11.5. Плоские контуры группы № 5	79
3.12. Использование правой кнопки мыши	81
Глава 4. Команды и средства для оформления чертежей	83
4.1. Нанесение и редактирование штриховки	83
4.2. Простановка и редактирование размеров	88
4.2.1. Простановка размеров на немасштабируемых чертежах	89
4.2.2. Простановка размеров на масштабируемых чертежах	93
4.2.3. Редактирование размеров	95

4.3. Простановка, обозначение и редактирование видов, разрезов и сечений, выносных видов, выносок, линий обрывов и разрывов	98
4.3.1. Виды	98
4.3.2. Разрезы и сечения	98
4.3.3. Выносные виды	101
4.3.4. Выноски	102
4.4. Простановка и редактирование знаков шероховатости поверхности	103
4.4.1. Простановка знаков на поверхностях деталей	106
4.4.2. Простановка знаков в правом верхнем углу чертежа	108
4.4.3. Редактирование знаков	109
4.5. Выполнение и редактирование текстовых надписей	110
4.5.2. Выполнение текстовых надписей	111
4.5.3. Редактирование текстовых надписей	113
4.6. Перечень панелей инструментов ЕСКД	113
Глава 5. Основы выполнения 2D-чертежей деталей	115
5.1. Выполнение чертежа детали «Корпус спиннера»	115
5.2. Выполнение чертежа детали «Фиксатор»	119
5.3. Выполнение проекционного чертежа учебной литой детали	121
Глава 6. Подготовка и вывод чертежей на печать	126
6.1. Способы выполнения, компоновки, оформления и вывода чертежей на печать	126
6.2. Способ № 1. Компоновка, оформление и вывод чертежа на печать из пространства модели	127
6.3. Способ № 2. Компоновка, оформление и вывод чертежа на печать комбинированным способом: пространство модели – пространство листа	131
Глава 7. Чертежи машиностроительных деталей	145
7.1. Выполнение чертежа детали «Штуцер»	145
7.1.1. Отличительные особенности деталей под названием «Штуцер»	145
7.1.2. Выполнение чертежа	148
7.1.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	158
7.2. Выполнение чертежа детали «Вал привода»	160
7.2.1. Отличительные особенности деталей под названием «Валы приводов»	160
7.2.2. Выполнение чертежа	162
7.2.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	166
7.3. Выполнение чертежа детали «Колесо зубчатое»	168
7.3.1. Отличительные особенности деталей под названием «Колеса зубчатые»	168
7.3.2. Выполнение чертежа	173
7.3.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	183
Глава 8. Чертежи приборостроительных деталей	185
8.1. Выполнение чертежа детали «Вал регулировочный»	185

8.1.1. Отличительные особенности деталей под названием «Валы регулировочные»	185
8.1.2. Выполнение чертежа	187
8.1.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	191
8.2. Выполнение чертежа детали «Кронштейн»	193
8.2.1. Отличительные особенности деталей под названием «Кронштейны»..	193
8.2.2. Выполнение чертежа	196
8.2.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	197
8.3. Выполнение чертежа упругой детали «Петля фиксирующая».....	201
8.3.1. Отличительные особенности упругих деталей.....	201
8.3.2. Выполнение чертежа	202
8.3.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	205
8.4. Выполнение чертежа детали «Крышка»	207
8.4.1. Отличительные особенности деталей под названием «Крышка»	207
8.4.2. Выполнение чертежа	210
8.4.3. Оформление чертежа и вывод его на печать	214
Глава 9. Ленточный интерфейс программы папоCAD Механика	217
9.1. Общая структура ленточного интерфейса	217
9.2. Структура вкладок и групп ленты.....	217
9.3. Вызов исполняющих команд	222
9.4. Получение справок по командам	222
9.5. Работа с объектами 2D- и 3D-графики при переключении интерфейсов	223
Часть II. ИНЖЕНЕРНАЯ 2D КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА	227
Глава 10. Автоматизированное проектирование резьбовых соединений деталей.....	228
10.1. Виды резьбовых соединений деталей	228
10.2. Сборочные чертежи изделий с резьбовыми соединениями деталей.....	230
10.3. Специализированные инструменты и модули для автоматизированного проектирования резьбовых соединений деталей....	234
10.4. Специализированные инструменты для автоматизированной простановки номеров позиций и заполнения спецификаций	239
10.5. Предварительное проектирование резьбовых соединений деталей без выполнения проверочного расчета	244
10.6. Редактирование резьбовых соединений деталей, спроектированных без выполнения проверочного расчета	250
10.6.1. Пример редактирования длины болтов при заданных толщинах деталей и заданном диаметре метрической резьбы	250
10.6.2. Пример редактирования диаметра метрической резьбы при заданных толщинах деталей и заданной длине болтов	251
10.7. Проектирование резьбовых соединений деталей с выполнением проверочного расчета	252
10.8. Пример автоматизированного проектирования резьбовых соединений деталей на сборочных чертежах изделий.....	255
10.8.1. Проектирование резьбовых соединений	255

10.8.2. Простановка номеров позиций и заполнение спецификации	261
10.8.3. Выравнивание номеров позиций	271
Глава 11. Автоматизированное проектирование заклепочных соединений деталей с плоскими поверхностями	273
11.1. Виды заклепок и технологических операций	273
11.2. Сборочные чертежи изделий с заклепочными соединениями деталей	275
11.3. Специализированные инструменты для автоматизированного проектирования заклепочных соединений деталей.....	276
11.4. Проектирование соединений деталей без учета материала заклепок и зазоров в отверстиях деталей под заклепки	279
11.5. Редактирование соединений деталей с учетом материала заклепок и зазоров в отверстиях деталей под заклепки	283
11.6. Пример автоматизированной простановки номеров позиций в заклепочном соединении деталей и заполнение спецификации.....	288
Глава 12. Полуавтоматизированное проектирование заклепочных соединений деталей с кривыми поверхностями	294
12.1. Виды кривых поверхностей и их образование	294
12.2. Общий подход к проектированию соединений.....	298
Глава 13. Полуавтоматизированное проектирование соединений деталей с цапфами	303
13.1. Виды цапф и технологических операций.....	303
13.2. Сборочные чертежи изделий с цапфами.....	305
13.3. Общий подход к проектированию соединений.....	310
Глава 14. Автоматизированное проектирование фланцевых соединений	315
14.1. Общие сведения о фланцах и фланцевых соединениях.....	315
14.2. Сборочные чертежи изделий с фланцевыми соединениями.....	318
14.3. Специализированные инструменты и модули для автоматизированного проектирования фланцевых соединений.....	320
14.4. Специализированные инструменты для автоматизированной простановки номеров позиций и заполнения спецификаций	327
14.5. Примеры проектирования фланцевых соединений.....	329
14.5.1. Пример № 1. Проектирование участка трубопровода с фланцами, прокладками, трубами, отводами и болтовыми соединениями.....	329
14.5.2. Пример № 2. Проектирование участка трубопровода с фланцами, прокладками, трубами, задвижкой и болтовыми соединениями.....	350
Глава 15. Автоматизированное проектирование валов	362
15.1. Общие сведения о валах в машиностроении.....	362
15.2. Общие сведения о подшипниках и подшипниковых узлах.....	363
15.3. Специализированные модули для автоматизированного расчета зубчатых передач.....	368

15.3.1. Комплексный расчет цилиндрической зубчатой передачи.....	369
15.3.2. Расчеты конических зубчатых передач.....	371
15.3.4. Статический расчет вала	373
15.4. Специализированные инструменты для автоматизированного проектирования валов	374
15.5. Специализированные инструменты для автоматизированной простановки номеров позиций и заполнения спецификаций	381
15.6. Пример проектирования изделия «Узел редуктора».....	382

Часть III. ИНЖЕНЕРНАЯ 3D КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА..... 398

Глава 16. Базовые средства 3D-моделирования..... 399

16.1. Задание конфигурации видовых экранов.....	399
16.2. Задание проекционных видов на видовых экранах.....	399
16.3. Задание положения координат на видовых экранах.....	403
16.4. Совместное использование ПСК и объектной привязки	405
16.5. Визуализация 3D-моделей на видовых экранах.....	406
16.6. Осмотр 3D-моделей на видовых экранах.....	408
16.7. Дополнительные средства управления видами	410
16.8. Две группы команд для 3D-моделирования	412
16.8.1. Основные возможности команд группы № 1 для построения 3D-моделей	414
16.8.2. Основные возможности команд группы № 2 для построения 3D-моделей	417
16.8.3. Основные возможности редактирования 3D-моделей командами группы № 1	424
16.8.4. Основные возможности редактирования 3D-моделей командами группы № 2	426

Глава 17. Построение 3D-моделей деталей на основе команды 3D Выдавливание..... 432

17.1. Способы построения 3D-моделей деталей.....	432
17.2. Примеры использования команды 3D Выдавливание для построения 3D-моделей деталей	437
17.2.1. Построение 3D-модели учебной литой детали № 1	437
17.2.2. Построение 3D-модели учебной литой детали № 2	441
17.2.3. Построение 3D-модели детали «Крышка»	445
17.2.4. Построение 3D-модели детали «Рычаг»	449
17.2.5. Построение 3D-модели учебной литой детали № 3	452
17.2.6. Построение 3D-модели учебной литой детали № 4	454
17.2.7. Построение и вывод на печать 3D-модели детали «Панель калькулятора»	455

Глава 18. Построение 3D-моделей деталей на основе команды 3D Вращение..... 466

18.1. Особенности команды 3D Вращение.....	466
--	-----

18.2. Примеры использования команды 3D Вращение для построения 3D-моделей деталей	467
18.2.1. Построение 3D-модели детали «Изолятор»	467
18.2.2. Построение 3D-модели детали «Рукоятка рубильника»	469

Глава 19. Построение 3D-моделей деталей и 3D-моделей изделий на основе совместного использования команд 3D-моделирования.....

19.1. Построение 3D-модели детали «Патрубок»	473
19.2. Построение 3D-модели изделия «Клапан питательный».....	479

Глава 20. Взаимосвязь 3D- и 2D-графики при построении 2D-видов, 2D-разрезов и сечений деталей

20.1. Базовые средства 2D-моделирования	483
20.2. Команды 2D Вид, 2D Проекционный вид, 2D Разрез и примеры их использования	484
20.2.1. Построение трех основных видов детали с двумя плоскостями симметрии	484
20.2.2. Построение полного фронтального и профильного разрезов детали с двумя плоскостями симметрии.....	484
20.2.3. Доработка фронтального и профильного разрезов детали с двумя плоскостями симметрии	486
20.3. Команда Секущая плоскость и примеры ее использования	489
20.3.1. Построение соединения половины вида с половиной фронтального разреза детали с двумя плоскостями симметрии	492
20.3.2. Построение ступенчатого разреза детали с одной плоскостью симметрии	494
20.3.3. Построение ломаного разреза детали с одной плоскостью симметрии	497
20.3.4. Построение натуральной величины наклонного сечения детали.....	500
20.4. Использование команды Разрез	503

Глава 21. Современная технология выполнения чертежей «3D-модель – 2D-модель – 2D-чертеж».....

21.1. Построение 3D-модели детали «Гайка шестигранная»	505
21.2. Выполнение 2D-чертежа детали и вывод его на печать комбинированным способом: пространство модели – пространство листа	507
21.2.1. Этап 1. Построение 3D-модели детали в пространстве модели	508
21.2.2. Этап 2. Построение 2D-модели детали в пространстве модели	508
21.2.3. Этап 3. Доработка 2D-видов детали в пространстве модели	509
21.2.4. Этап 4. Масштабирование 2D-видов детали в пространстве модели. Простановка размеров	509
21.2.5. Этап 5. Переход в пространство листа	510
21.2.6. Этап 6. Продолжение компоновки чертежа детали в пространстве листа. Вызов контекстного меню	510
21.2.7. Этап 7. Вызов диалогового окна Диспетчер параметров листов (A4)...	511
21.2.8. Этап 8. Вызов диалогового окна Параметры листа – A4	512

21.2.9. Этап 9. Возврат в диалоговое окно Диспетчер параметров листов (A4)	513
21.2.10. Этап 10. Возврат в пространство листа.....	513
21.2.11. Этап 11. Вставка стандартного формата A4	513
21.2.12. Этап 12. Удаление сгенерированного видового экрана	515
21.2.13. Этап 13. Вставка нового видового экрана	515
21.2.14. Этап 14. Отсечение лишних частей изображения и его компоновка.....	517
21.2.15. Этап 15. Возврат в пространство листа. Отключение и блокировка видового экрана	517
21.2.16. Этап 16. Простановка знаков шероховатости поверхности. Заполнение основной надписи	519
21.2.17. Этап 17. Вывод чертежа детали на печать.....	519
Заключение	523
Библиографический список	525

Предисловие

При выборе графических программ для их внедрения в учебный курс «Компьютерная графика» вузов необходимо учитывать ряд требований.

К основным требованиям относятся:

- 1) продукт должен быть отечественным, конкурентоспособным и легко осваиваемым пользователями;
- 2) продукт должен обеспечивать современную технологию получения чертежей «3D-модель – 2D-модель – 2D-чертеж» и учитывать наличие отечественных стандартов ЕСКД; 3) стоимость продукта для конечного потребителя должна быть значительно ниже зарубежных аналогов.

Отмеченным требованиям полностью соответствует программа nanoCAD Механика [1, 2, 9–12, 38], поддерживающая стандарты ЕСКД и взаимообмен файлами, имеющими расширение *.dwg, с прямым конкурентом – программой AutoCAD [3], разработанной американской компанией Autodesk (www.autodesk.com).

Программа nanoCAD Механика разработана российской компанией АО «Нанософт» (www.nanocad.ru) на основе САПР-платформы nanoCAD.

По своим характеристикам программа nanoCAD Механика представляет собой универсальный векторный редактор для использования в различных областях проектирования.

Ядро программы. Имея простой и привычный интерфейс, программа использует ядро Teigha, которое состоит из набора программных библиотек Teigha, разработанных международным консорциумом Open Design Alliance (ODA). Они позволяют читать и записывать файлы формата *.dwg, который используется во многих САПР. Программные библиотеки Teigha обеспечивают поддержку всех используемых актуальных версий формата *.dwg. Использование формата данных *.dwg позволяет интегрировать решения на основе nanoCAD практически с любыми САПР.

Интерфейс программы простой и привычный. Удобство и «дружелюбность» программы для пользователей обеспечиваются принятыми традиционными методами работы. Работать в программе сможет практически любой студент вуза, минимально знакомый с популярными САПР. Пользователям, работающим в программе AutoCAD, при переходе на работу в nanoCAD Механика переобучение практически не требуется.

По сравнению с программой AutoCAD программа nanoCAD Механика имеет как схожие черты, так и необходимые для практической деятельности отличия и дополнительные возможности:

- ◆ *оформление чертежей по стандартам ЕСКД: 1) шрифты и типы линий по ГОСТ; 2) размерный стиль ЕСКД; 3) форматы и основные надписи; 4) редактор технических требований и технических характеристик; 5) допуски формы и расположения поверхностей; 6) знаки шероховатости поверхностей; 7) виды,*

разрезы, сечения, обрывы и разрывы; **8)** автоматическая сортировка буквенных обозначений элементов чертежа; **9)** обозначение уклонов; **10)** обозначение неразъемных соединений; **11)** маркировка и клеймение; **12)** таблицы отверстий; **13)** привязка обозначений в чертеже к соответствующим элементам технических требований;

- ◆ *библиотека стандартных и унифицированных элементов:* **1)** детали крепления; **2)** стандартные профили; **3)** развертки; **4)** условные графические обозначения элементов схем; **5)** элементы станочных приспособлений; **6)** детали и узлы механических передач, подшипники, валы и муфты; **7)** электродвигатели; **8)** редукторы; **9)** арматура трубопроводов по внутреннему и наружному конусам; **10)** детали сосудов и аппаратов;
- ◆ *проектирование болтовых и заклепочных соединений:* **1)** соединение пакетов деталей произвольной толщины болтами, винтами и шпильками; **2)** упрощенные виды крепежных деталей в соединении; **3)** соединение пакетов деталей произвольной толщины заклепками обычной и повышенной точности, пустотелыми и полупустотелыми заклепками; **4)** шаблоны болтовых и заклепочных соединений;
- ◆ *проектирование трубопроводов:* **1)** автоматическое соединение элементов арматуры трубопроводом; **2)** интеллектуальное распознавание типоразмера, точки вставки деталей трубопровода; **3)** ассоциативная связь деталей арматуры трубопровода в соответствии с их значениями в базе данных; **4)** автоматическая врезка элементов арматуры в трубопроводы; **5)** фланцевые соединения;
- ◆ *расчеты:* **1)** менеджер расчетов; **2)** расчеты цилиндрических и конических зубчатых зацеплений, валов, подшипниковых опор, крепежных соединений; **3)** расчет и генерация пружин сжатия и растяжения; **4)** получение документации по расчету со всеми формулами и ссылками на ГОСТ; **5)** расчет геометрических характеристик сечения относительно произвольных осей; **6)** проверочный расчет болтов по методике, изложенной в учебнике Н. Г. Куклина и Г. С. Куклиной «Детали машин»; **7)** конструирование и расчет сечений балок;
- ◆ *проектирование зубчатых зацеплений и элементов передач:* **1)** полное соответствие требованиям ГОСТ 21354–87 и ГОСТ 16532–70; **2)** при выборе материалов учитываются твердость, запас прочности, пределы выносливости, способ получения заготовки, упрочняющая обработка и другие важные параметры; **3)** возможность задания широкого спектра нагрузок (постоянной, переменной, основной, реверсивной) позволяет проводить расчеты даже при срабатывании ограничений стандарта прочности;
- ◆ *оформление спецификаций:* **1)** автоматическое получение спецификации; **2)** взаимосвязь номеров позиций на чертеже и в спецификации;
- ◆ *параметрические зависимости и модуль трехмерного проектирования:* **1)** инструменты трехмерного проектирования: **3D Выдавливание**, **3D Вращение**, **3D Вытягивание по траектории**; **3D Вытягивание по сечениям**, **3D Фаска** и **3D Скругление**; **2)** инструменты для ориентации трехмерной геометрии в пространстве: **3D Перемещение**, **3D Поворот**, **3D Выравнивание**; **3)** рабочая геометрия: плоскости, оси и точки; **4)** инструменты для создания плоских

видов, разрезов и сечений по трехмерной геометрии; 5) использование базы стандартных деталей и узлов при трехмерном проектировании; 6) параметрические и геометрические зависимости; 7) функциональная панель **История 3D Построений** (рис. П.1).

Вывод чертежей на печать. Программа выполняет печать документов на установленных в операционной системе устройствах печати, включая встроенные принтеры, а также печать в формате PDF (рис. П.2).

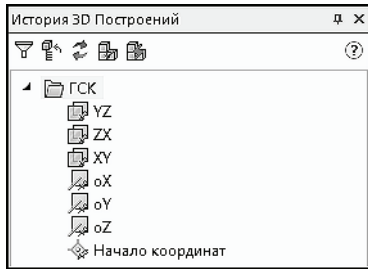


Рис. П.1. Функциональная панель **История 3D Построений**

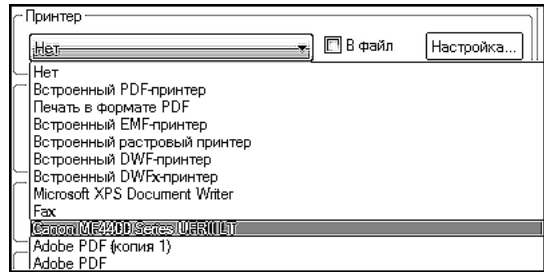


Рис. П.2. Список устройств вывода чертежей на печать

Импорт и экспорт чертежей. Программа поддерживает импорт (рис. П.3) и экспорт (рис. П.4) векторных данных в различные форматы.

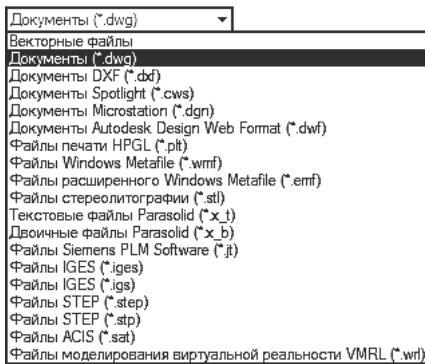


Рис. П.3. Импорт файлов из других форматов

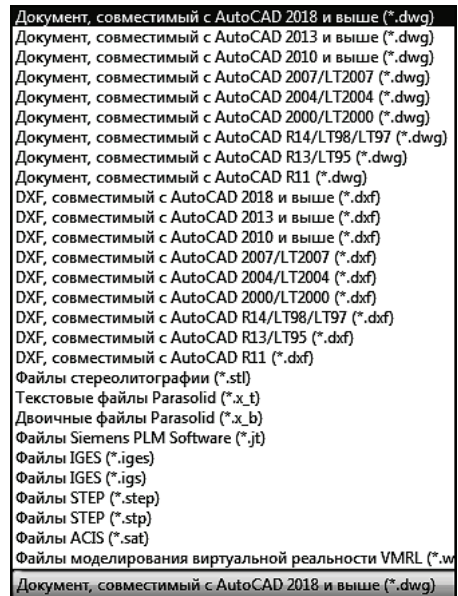


Рис. П.4. Экспорт файлов в другие форматы

Перспективы развития и использования программы nanoCAD Механика характеризуются тем, что с 2008 г. САПР-платформа nanoCAD непрерывно совершен-

ствуется и вместе с ней, соответственно, совершенствуются и обновляются версии программы nanoCAD Механика.

Актуальность программы заключается в том, что за последнее время ряд известных российских компаний после прохождения обучения ее сотрудников в дилерских центрах компании АО «Нанософт» переходят к работе на САПР-платформу nanoCAD, в том числе и на проектирование изделий в программе nanoCAD Механика.

Следует особо выделить – **nanoCAD включен в реестр Минкомсвязи России в качестве замены иностранным САПР.**

Оценка возможностей внедрения nanoCAD Механика в учебный курс «Компьютерная графика» вузов проводилась путем апробации выполнения 2D-чертежей и 3D-моделей типовых учебных заданий. Для объективности использовался системный подход, включающий:

- 1) подбор деталей методом случайной выборки и с учетом принципа «от самой простой – к более сложной», «от простой учебной – до реальной» из приборов и устройств;
- 2) охват всех наиболее используемых команд в совокупности с последовательным выполнением на их основе примеров построения 2D-чертежей и 3D-моделей деталей и изделий.

При оформлении чертежей учитывались геометрическая форма деталей, их размеры и материал, из которого эти детали были изготовлены.

Учебное пособие состоит из трех частей. Основой являются две предыдущие работы автора [37, 38], содержание которых систематизировано, переработано и дополнено рядом новых необходимых сведений.

В первой части «Инженерная 2D компьютерная графика. Базовое 2D-моделирование в nanoCAD Механика» рассмотрены основы работы с 2D-графикой. Даны примеры выполнения чертежей деталей и варианты вывода их на печать из пространства модели и пространства листа. При выполнении чертежей использовались: база элементов; автоматизированная вставка форматов, знаков шероховатости поверхностей, спецификаций и автоматизированное заполнение последних. Приведены возможности использования встроенной системы NormaCS.

Во второй части «Инженерная 2D компьютерная графика. Специализированные инструменты и модули nanoCAD Механика» рассмотрены основы автоматизированного проектирования крепежных соединений деталей, фланцевых соединений и валов. Приведены примеры.

В третьей части «Инженерная 3D компьютерная графика. Базовое 3D-моделирование в nanoCAD Механика» рассмотрены средства для создания 3D-моделей деталей. Даны примеры построения 3D-моделей деталей, их 2D-видов, 2D-разрезов и 2D-сечений. Показана возможность получения 2D-чертежей на основе использования современной технологии «3D-модель – 2D-модель – 2D-чертеж». Разобран вариант вывода чертежей на печать из пространства листа.

В каждой из трех частей выполнение примеров 2D-чертежей и 3D-моделей сопровождается текстовыми пояснениями и таблицами со встроенными рисунками поэтапных действий, а также кратким содержанием стандартов ЕСКД, включая таблицы со справочными данными.

Представленный материал (по понятным причинам) не позволяет охватить все возможности программы nanoCAD Механика. Поэтому рассмотрены только самые востребованные и необходимые для учебного процесса методы работы с инженерной 2D- и 3D-графикой.

Структура и методика изложения материала соответствуют ФГОС ВО 3++. Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов, обучающихся по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Инженерное дело, технологии и технические науки».

Учебное пособие может быть рекомендовано для преподавателей и аспирантов высших учебных заведений, а также для конструкторов и технологов различных компаний, интересующихся отечественными САПР-платформами.

Автор выражает особую признательность Савинкову Сергею Витальевичу (**savinkov@normasoft.com**), директору дилерского центра «Нормасофт» (г. Челябинск) компании «Нанософт» (г. Москва), за помощь и консультации по работе с САПР-платформой nanoCAD, а также за его искреннюю заинтересованность в продвижении и внедрении программы nanoCAD Механика, включая в том числе учебный процесс.

часть I

ИНЖЕНЕРНАЯ 2D КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

2D компьютерная графика (от англ. *two dimensions* – два измерения) – область деятельности, в которой компьютеры используются в качестве инструмента для построения изображений двумерных моделей объектов на плоскость, при этом сами модели отображаются на плоской поверхности экрана монитора.

Базовое 2D-моделирование в папoCAD Механика

Средства папoCAD Механика	Модуль Механика . Инструменты: форматы, спецификации, шероховатость поверхности, база элементов, стандарты ЕСКД
2D-чертежи	Основы работы в папoCAD
	Плоские контуры
	Проекционные чертежи
	Детали машиностроительные
	Детали приборостроительные
	Построение и вывод 2D-чертежей на печать

ГЛАВА 1

Интерфейс. Вызов команд. Справочная система

1.1. Открытие рабочего окна на экране монитора

Работу с программой начинают с открытия ее рабочего окна на экране монитора с использованием стандартных для Windows способов:

- 1) *способ № 1* – последовательными ЛК¹ на кнопке **Пуск** (рис. 1.1, а);
- 2) *способ № 2* – двумя быстрыми ЛК на **ярлыке программы** рабочего стола Windows (рис. 1.1, а).

После открытия рабочего окна (рис. 1.1, а) при необходимости изменяют общие настройки: ЛК на вкладке **Настройки** (рис. 1.1, б) → последующий ЛК на инструменте **Настройки программы** (рис. 1.1, б) → в открывающемся диалоговом окне **Настройки** (рис. 1.1, в) вносят изменения. Например, размер перекрестия курсора изменяют с 5 % на **100 %**, цвет в пространстве модели, листов, фона в пространстве листа заменяют с темного на **белый**, а визуальный стиль с темного изменяют на **светлый**.

После открытия рабочего окна с ленточным интерфейсом (рис. 1.2) и отключения сетки нажатием клавиши **F7** запуск необходимых команд осуществляют ЛК или вводом их названий с клавиатуры с последующим подтверждением ввода нажатием на клавиатуре клавиши **Enter** или **ПК**.

Дальнейшее выполнение команд зависит от ответа пользователя на вопросы программы nanoCAD Механика в командной строке (**Команда:**):

- 1) отвечают на представленные вопросы;
- 2) соглашаются с предложенным вариантом и подтверждают согласие нажатием на клавиатуре клавиши **Enter** или **ПК**;
- 3) отказываются от любого запроса или вводимого ответа, подтверждая отказ нажатием на клавиатуре клавиши **Esc**.

Для пользователей представляет интерес мгновенное переключение между ленточным (рис. 1.2) и классическим (рис. 1.3) интерфейсами, которое осуществляется ЛК на кнопке **Лента** в правом верхнем углу рабочего окна (рис. 1.2 и 1.3).

¹ Здесь и далее в тексте: **ЛК** – щелчок левой кнопкой мыши, **ПК** – щелчок правой кнопкой мыши.

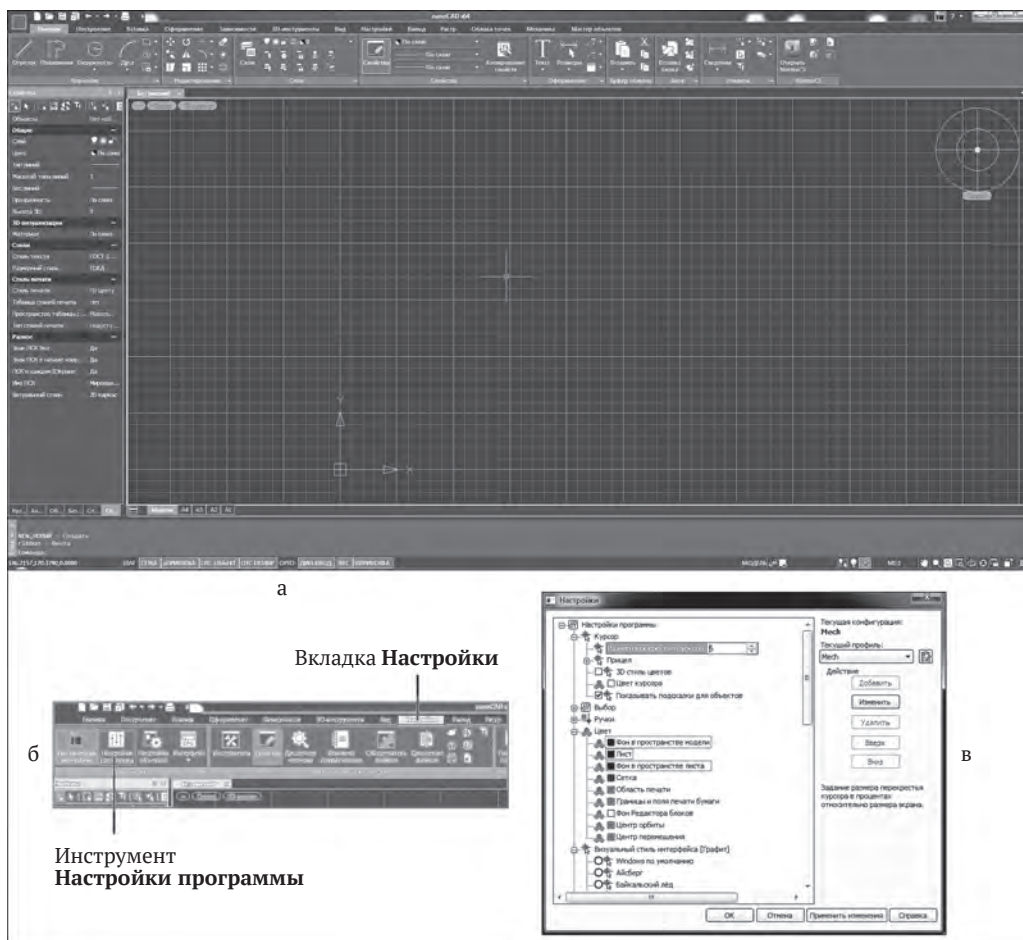


Рис. 1.1. Рабочее окно программы napoCAD Механика:

а) ленточный интерфейс; б) вкладка **Настройки**; в) инструмент **Настройки программы**

ПРИМЕЧАНИЕ

Дальнейшая работа с программой napoCAD Механика рассматривается: **1)** в части I на основе использования привычного для пользователей классического интерфейса (рис. 1.3); **2)** структура ленточного интерфейса (рис. 1.2) дана ниже в части I (глава 9), а работа с ним и примеры выполнения деталей на его основе приводятся в частях II и III.

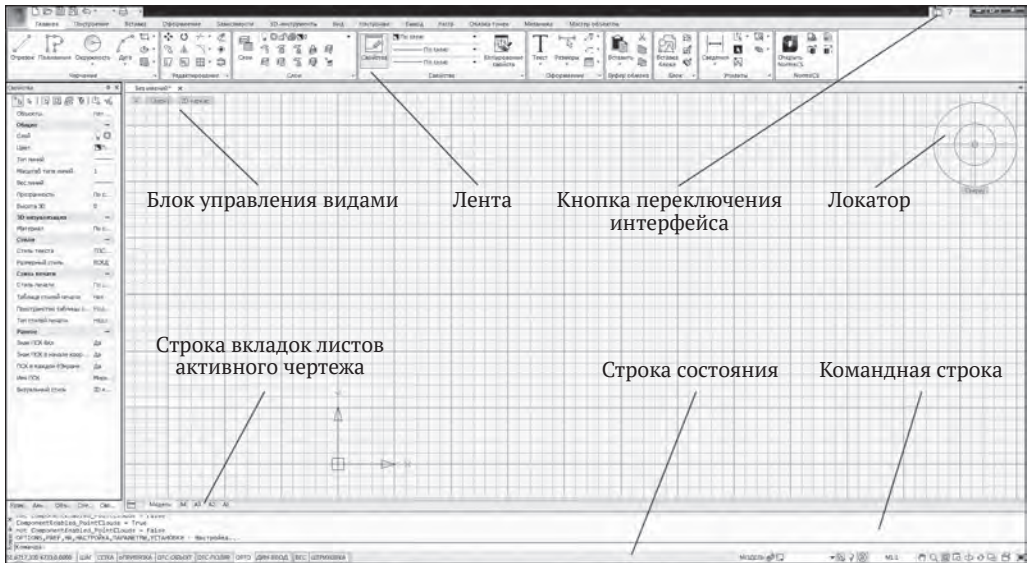


Рис. 1.2. Рабочее окно программы с ленточным интерфейсом

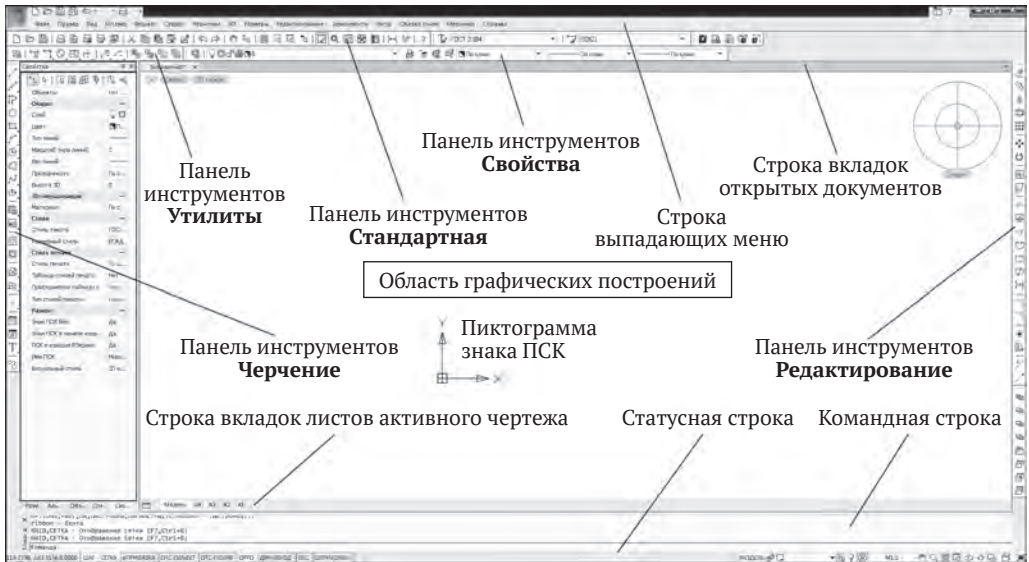


Рис. 1.3. Рабочее окно программы с классическим интерфейсом

1.2. Вызов исполняющих команд

Вызов любых исполняющих команд в программе nanoCAD Механика осуществляется несколькими способами.

Способ № 1. С клавиатуры вводят названия команды в командной строке (**Команда:**) → подтверждают ввод нажатием клавиши **Enter** или **ПК** → указывают с клавиатуры одну из опций → подтверждают ввод опции клавишей **Enter** или **ПК** и отвечают на предложенные вопросы (рис. 1.4).

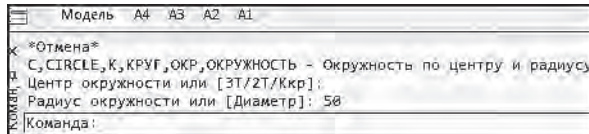
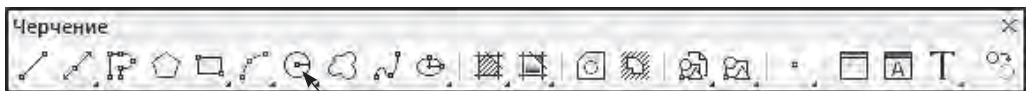


Рис. 1.4. Пример вызова команды **Окружность по центру и радиусу** при вводе ее названия в командной строке

Способ № 2. ЛК или несколькими ЛК на кнопке выбранной команды (рис. 1.5) панели инструментов **Черчение** (рис. 1.3).



Кнопка команды **Окружность по центру и радиусу**

Рис. 1.5. Пример вызова команды **Окружность по центру и радиусу**

Способ № 3. Подводят курсор мыши к строке выпадающего меню → ЛК или последовательные ЛК на любом выпадающем меню (рис. 1.6).

1.3. Отмена и возврат действия команд

Программа nanoCAD Механика сохраняет во внутренней структуре все изменения, внесенные исполняющими командами. Это позволяет отменять одно или несколько предыдущих действий вплоть до начального состояния, а также возвращать ошибочно отмененные команды.

1.3.1. Основные способы отмены действия команд

Отмену действия любых исполняющих команд осуществляют одним из следующих способов:

- ◆ *способ № 1* – для отмены одной последней исполняющей команды в командной строке с клавиатуры вводят команду **UNDO** (**ОТМЕНИТЬ**);
- ◆ *способ № 2* – для отмены одной последней исполняющей команды на клавиатуре однократно нажимают комбинацию клавиш **Ctrl+Z**;
- ◆ *способ № 3* – для отмены одной последней исполняющей команды выполняют ЛК на кнопке команды **Отменить** (рис. 1.5) панели инструментов **Стандартная** (рис. 1.3);

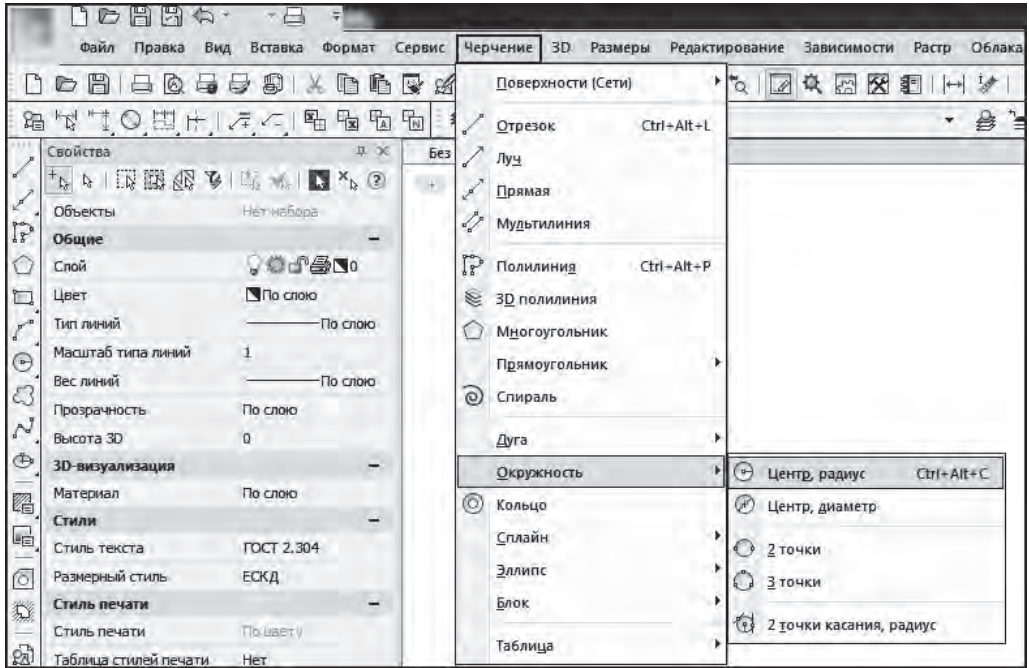


Рис. 1.6. Пример вызова команды **Окружность по центру и радиусу**



Кнопка команды **Отменить**

Кнопка команды **Вернуть**

Рис. 1.7. Панель инструментов **Стандартная** (рис. 1.3) с кнопками команд

- ◆ *способ № 4* – для отмены последовательности исполняющих команд (в обратном порядке с «откатом» до необходимого уровня) на клавиатуре многократно нажимают комбинацию клавиш **Ctrl+Z**;
- ◆ *способ № 5* – для отмены последовательности исполняющих команд (в обратном порядке с «откатом» до необходимого уровня) выполняют несколько последовательных ЛК на кнопке команды **Отменить** (рис. 1.7) панели инструментов **Стандартная** (рис. 1.3).

1.3.2. Основные способы возврата действия команд

Возврат действия любых исполняющих команд осуществляют одним из следующих способов:

- ◆ *способ № 1* – для возврата только одной последней, ошибочно удаленной исполняющей команды в командной строке с клавиатуры вводят команду **REDO** (ВЕРНУТЬ);
- ◆ *способ № 2* – для возврата только одной последней, ошибочно удаленной исполняющей команды на клавиатуре однократно нажимают комбинацию клавиш **Ctrl+Y**;

- ◆ способ № 3 – для возврата в обратном порядке всей последовательности ошибочно удаленных исполняющих команд на клавиатуре многократно нажимают комбинацию клавиш **Ctrl+Y**;
- ◆ способ № 4 – для возврата только одной последней, ошибочно удаленной исполняющей команды выполняют ЛК на команде **Вернуть** (рис. 1.7) кнопочной панели инструментов **Стандартная** (рис. 1.7).

1.4. Дополнительные панели инструментов

Для повышения удобства работы в рабочем окне программы nanoCAD Механика устанавливают дополнительные, часто используемые панели инструментов с возможностью в том числе их закрытия.

Установку и их размещение (в общем случае) осуществляют следующим образом:

- 1) подводят курсор мыши к одной из панелей инструментов, например к панели **Черчение, Редактирование, Утилиты** или **Стандартная** (рис. 1.3);
- 2) ПК на любой из кнопок выбранной панели инструментов (п. 1) → открывается контекстное меню → ЛК выбирают необходимое меню, например **Панели, Функциональные панели** или **Механика** → появляются подменю с соответствующими панелями-меню (рис. 1.8):
 - а) панели-меню (например, **База элементов** и **История 3D Построений**) выбирают ЛК из меню **Функциональные панели** → панели-меню появляются в рабочем окне программы nanoCAD Механика (рис. 1.8);
 - б) панели инструментов (например, **ЕСКД Главное меню**) выбирают ЛК из меню **Механика** → панель появляется в рабочем окне программы nanoCAD Механика (рис. 1.8);

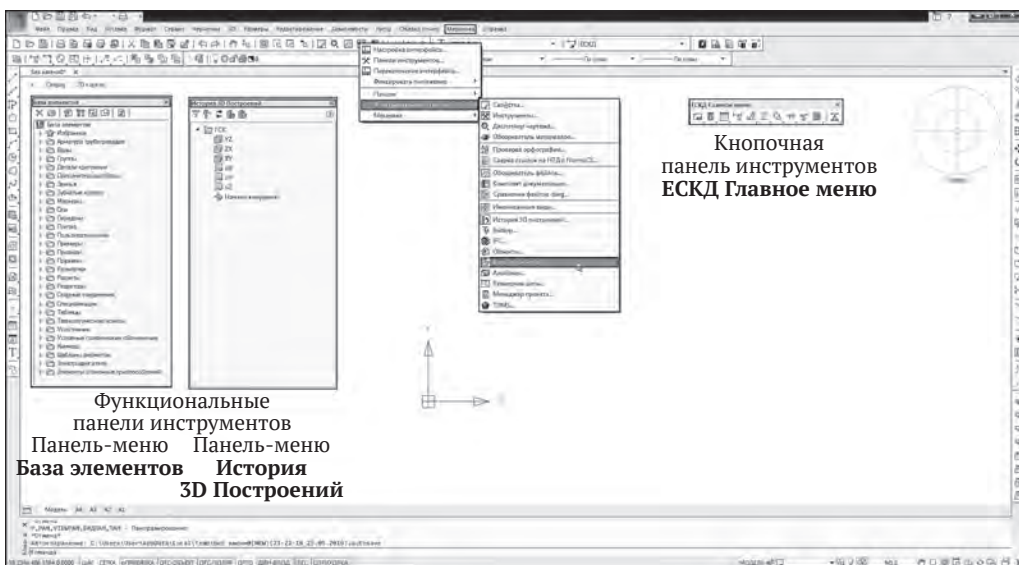


Рис. 1.8. Пример выбора панелей-меню **База элементов, История 3D Построений** и панели инструментов **ЕСКД Главное меню**

- 3) в дальнейшем, удерживая нажатую ЛК, выбранные панели-меню и панели инструментов перемещают и распределяют по периметру рабочего окна программы nanoCAD Механика.

1.5. Справочная система

В программе nanoCAD Механика, как и в других графических программах, предусмотрена поддержка пользователей, в основу которой заложена встроенная справочная система.

1.5.1. Получение сведений об исполняющих командах

Для получения сведений об исполняющих командах и инструментах используют несколько способов.

Способ № 1. Клавиша **F1** → диалоговое окно **Справка nanoCAD с Пользовательским интерфейсом nanoCAD** → строка **Введите ключевое слово для поиска** → ввод команды с клавиатуры → кнопка **Вывести** → в окне просмотра появляются затребованные сведения (рис. 1.9).

Способ № 2. ЛК на необходимой команде → клавиша **F1** → появляется диалоговое окно **Справка nanoCAD** с последовательностью действий и примерами выполнения указанной команды (рис. 1.10).

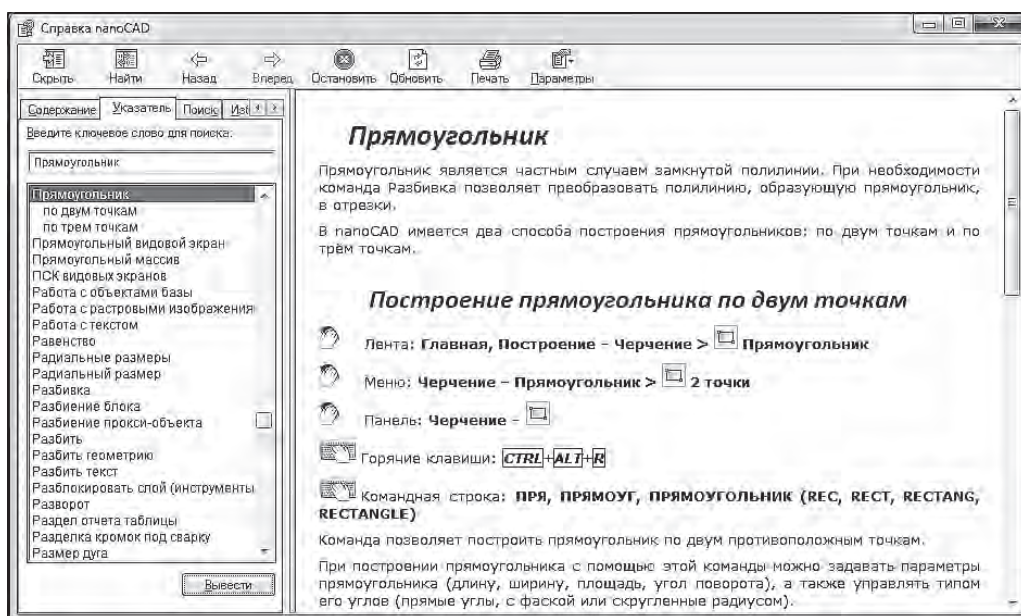


Рис. 1.9. Пример получения сведений о построении прямоугольника

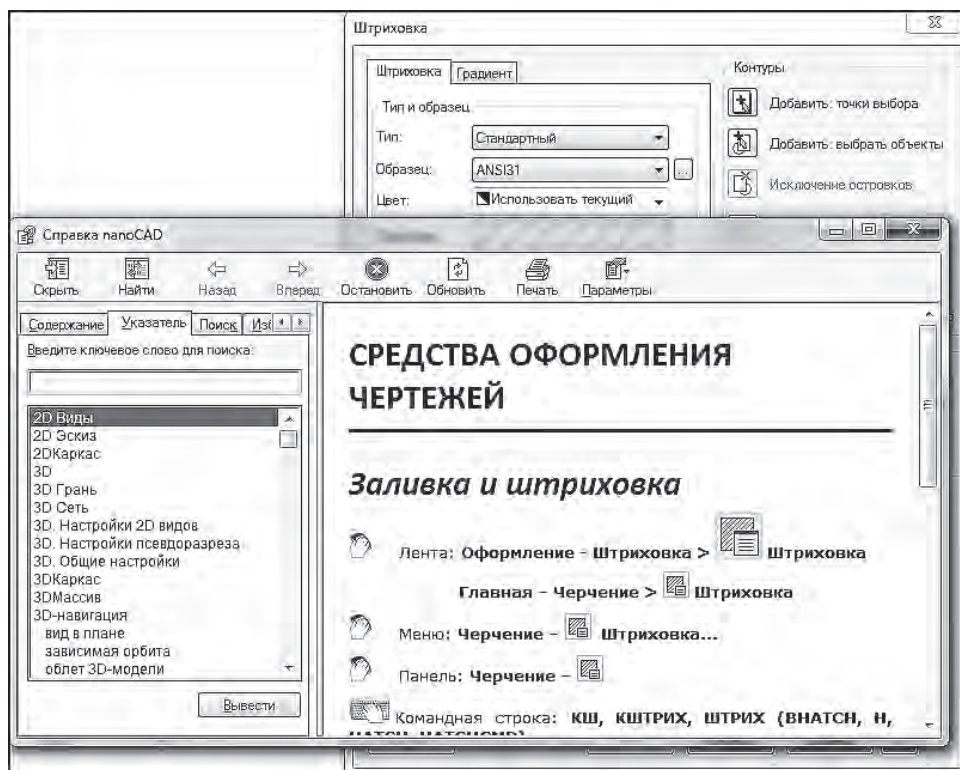


Рис. 1.10. Пример получения сведений о нанесении штриховки на объекты чертежа

Способ № 3. ЛК на строке выпадающего меню **Справка** (рис. 1.3) → ЛК на меню **Справка по программе** → появляется диалоговое окно **Справка nanoCAD** → строка **Введите ключевое слово для поиска** → ввод команды с клавиатуры → кнопка **Вывести** → в окне просмотра появляются затребованные сведения о выбранной команде (рис. 1.11).

1.5.2. Получение сведений об объектах чертежа

Для получения сведений об объектах чертежа используют несколько способов.

Способ № 1. ЛК на строке выпадающего меню **Сервис** (рис. 1.3) → ЛК на меню **Сведения** → ЛК на подменю **Список** → ЛК выбирают объект → подтверждают выбор клавишей **Enter** → ЛК на командной строке (рис. 1.3) → осуществляют просмотр сведений о выбранном объекте в командной строке путем прокрутки колесиком мыши.

Способ № 2. В командной строке (рис. 1.3) набирают с клавиатуры выражение **список** → подтверждают набор клавишей **Enter** → ЛК выбирают объект → далее повторяют действия из способа № 1 (см. выше).

Способ № 3. К объекту чертежа подводят курсор → рядом с ним появляются сведения об объекте (примеры № 1 и № 2 – рис. 1.12 и 1.13).

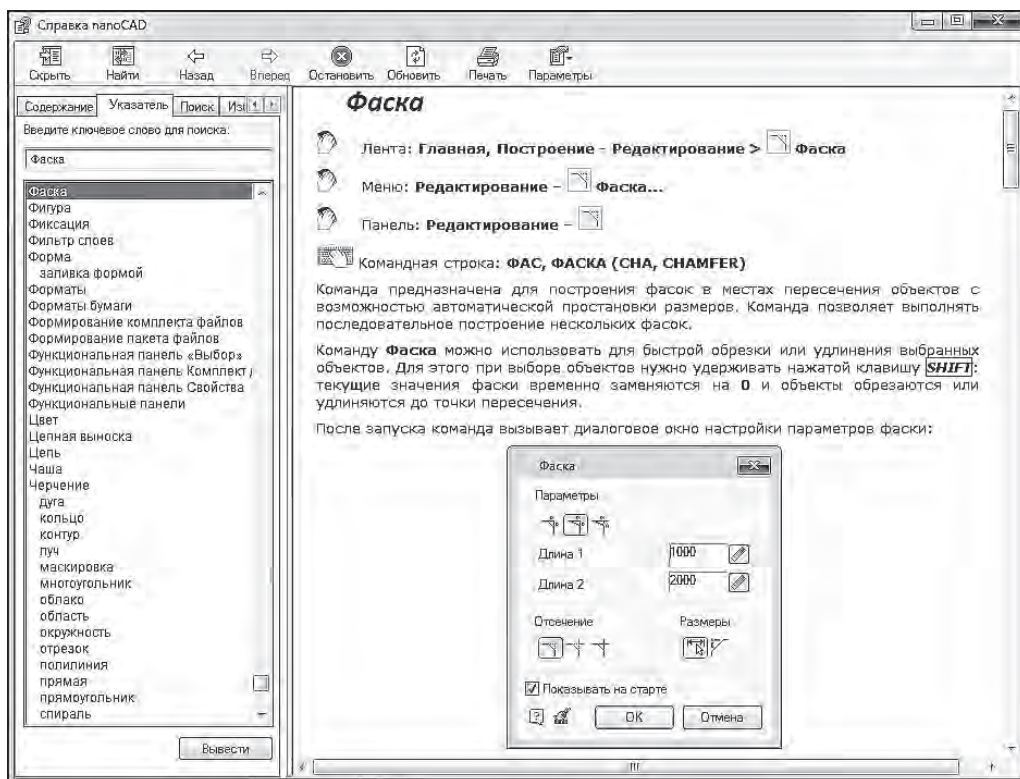


Рис. 1.11. Пример получения сведений о выполнении фасок на деталях



Рис. 1.12. Пример № 1

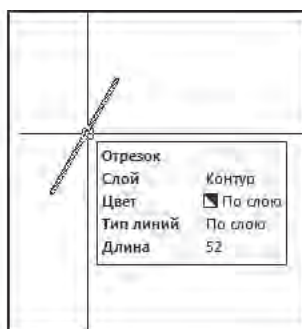


Рис. 1.13. Пример № 2

1.6. Система NormaCS

В программу nanoCAD Механика встроена система **NormaCS**.

Система NormaCS позволяет сэкономить время благодаря возможности быстро находить нормативные документы и стандарты для проектной и конструкторской деятельности на территории Российской Федерации и автоматизировать работу с нормативной документацией.

Доступ к ее открытию осуществляют одним из двух способов.

Способ № 1. ЛК на строке выпадающего меню **Сервис** (рис. 1.14) → ЛК на меню **NormaCS** (рис. 1.14) → ЛК на подменю **Открыть NormaCS** (рис. 1.14) → открывается справочная нормативная система (рис. 1.15).

Способ № 2. ЛК на команде **Открыть NormaCS** панели инструментов **Открыть NormaCS** (рис. 1.3) → открывается справочная нормативная система (рис. 1.15).

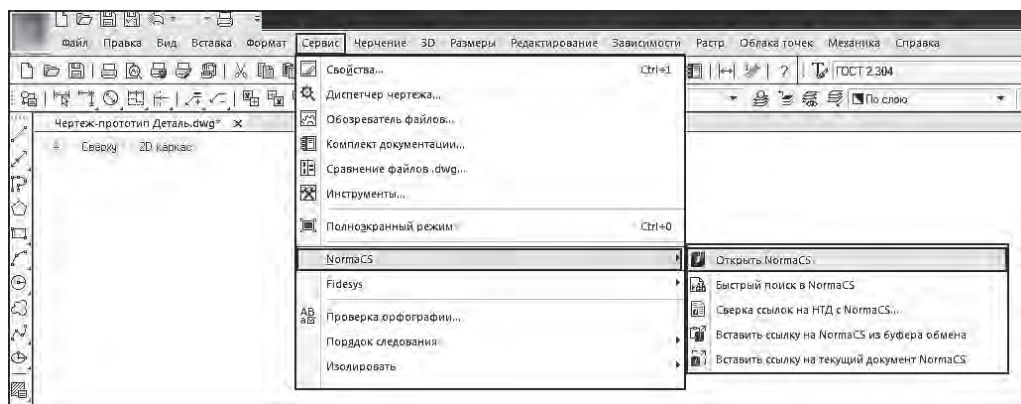


Рис. 1.14. Доступ к подменю **Открыть NormaCS**

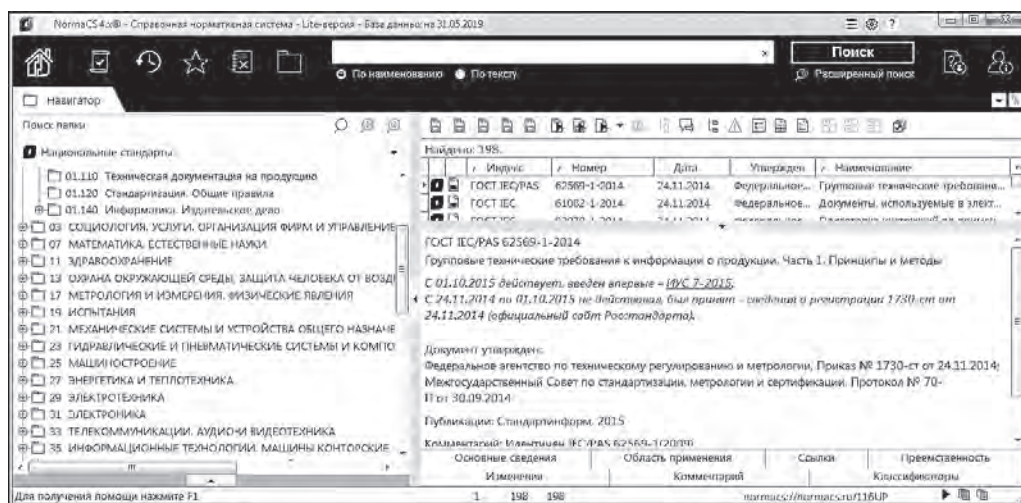


Рис. 1.15. Справочная нормативная система с базой данных на 31.05.2019

В качестве иллюстрации возможностей системы NormaCS ниже приведен пример поиска информации о ГОСТ 2.109–73 и его содержании: ЛК в окне **Поиск** (рис. 1.15) → с клавиатуры вводят названия ГОСТ 2.109 → ЛК на кнопке **Поиск** (рис. 1.15) → открывается список с названиями и информацией о нескольких ГОСТ (рис. 1.16) → ЛК на указанной строке (рис. 1.16) → появляется полная информация о ГОСТ 2.109–73 (рис. 1.17).

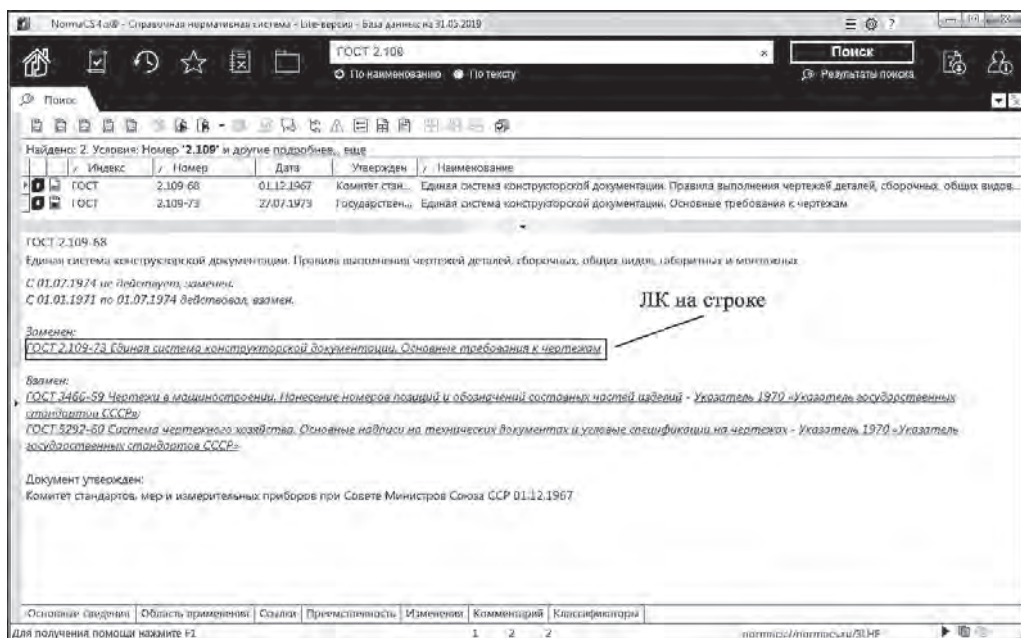


Рис. 1.16. Результат поиска информации о ГОСТ 2.109-73

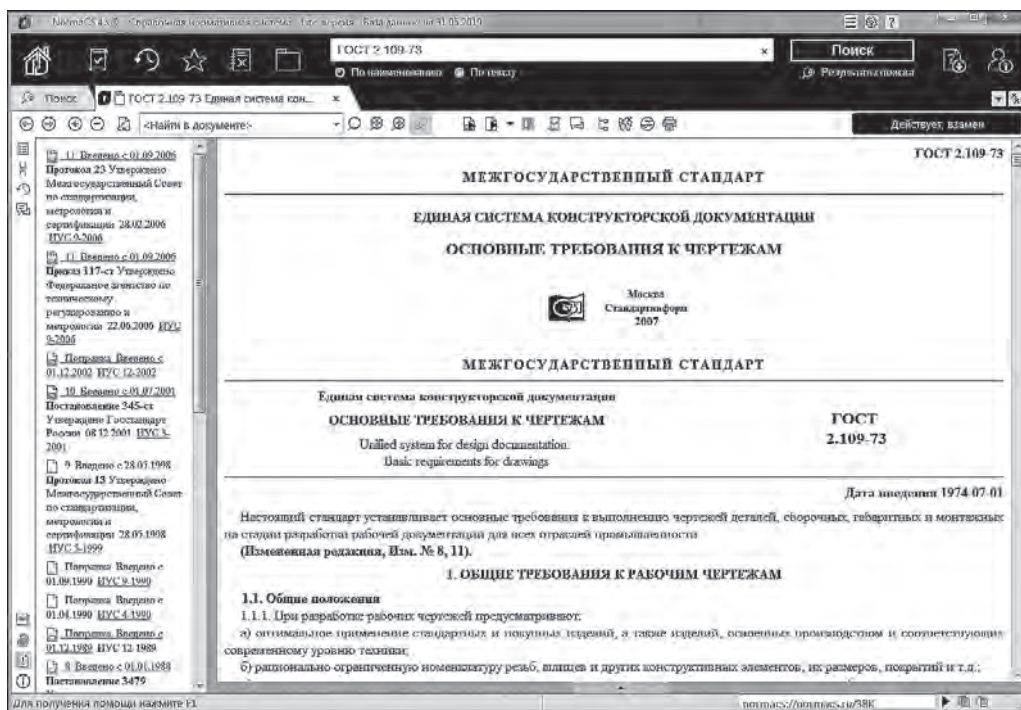


Рис. 1.17. Пример открытия ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам» и его содержания в справочной нормативной системе NormaCS

1.7. Основные настройки элементов оформления

Доступ к настройкам осуществляют следующим образом:

- 1) ЛК на строке выпадающего меню **Сервис** (рис. 1.3);
- 2) ЛК на меню **Оформление** → открывается диалоговое окно **Настройка nanoCAD Механика** (рис. 1.18);
- 3) ЛК на выбранной вкладке;
- 4) ЛК на соответствующей папке;
- 5) двойной ЛК на раскрывающемся списке параметров;
- 6) ЛК на значении параметров → с клавиатуры вводят необходимые их значения;

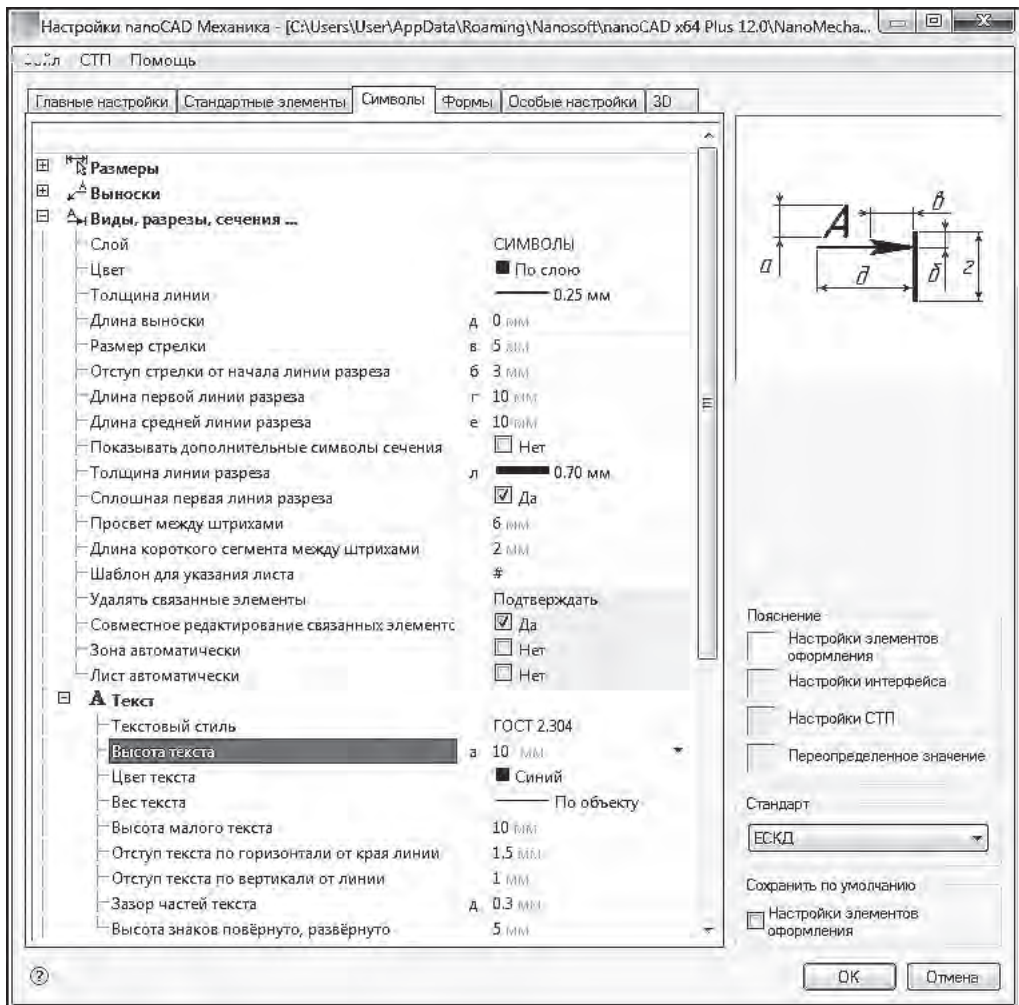


Рис. 1.18. Пример настроек параметров для видов, разрезов, сечений

7) ЛК на клавише ОК (рис. 1.18) завершают настройки и выходят из диалогового окна.

На рис. 1.18 приведен пример настроек основных размеров элементов оформления.

1.8. Возможность работы с чертежами AutoCAD

Совместимость форматов *.dwg позволяет напрямую и вполне корректно открывать в папоCAD Механика чертежи, выполненные в AutoCAD. В качестве иллюстрации ниже приведен чертеж детали «Переходник» (рис. 1.19), выполненный ранее в AutoCAD [4].

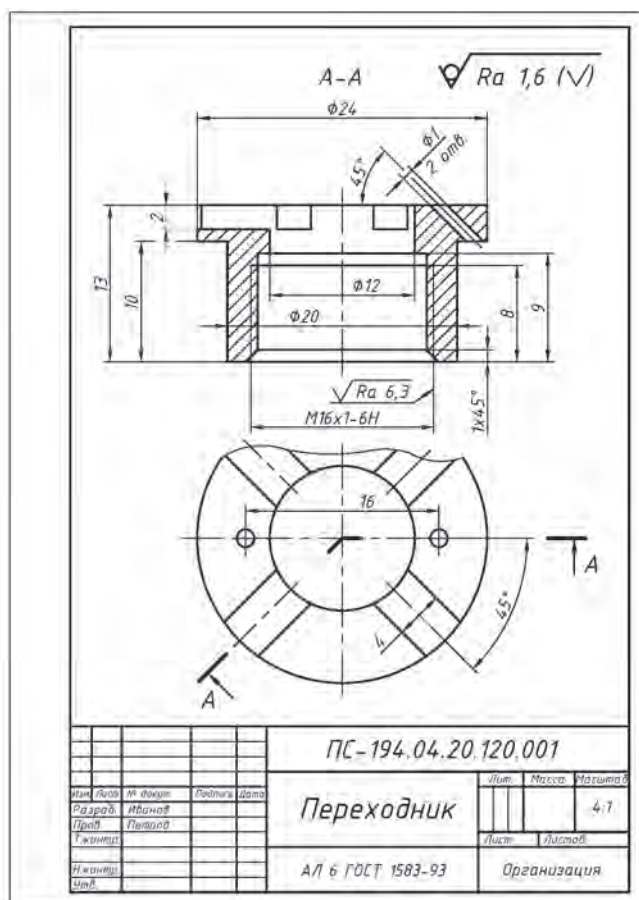


Рис. 1.19. Чертеж детали «Переходник», выполненный в AutoCAD

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Чертежи, выполненные в AutoCAD, можно не только напрямую открывать в редакторе папоCAD Механика для просмотра, но и подвергать их редактированию, а после копирования вставлять их целиком или отдельными фрагментами в другие чертежи.