

Лекция 2

САПР при проектировании РЭС

1. SolidWorks

SolidWorks	
	
Тип	САПР
Разработчик	SolidWorksCorporation
Операционная система	Windows
Лицензия	проприетарная
Сайт	solidworks.com

SolidWorks (Солидворкс) — программный комплекс [САПР](#) для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. Работает в среде [MicrosoftWindows](#). Разработан компанией [SolidWorksCorporation](#), ныне являющейся независимым подразделением компании [DassaultSystemes](#) (Франция). Программа появилась в [1993 году](#) и составила конкуренцию таким продуктам, как [AutoCAD](#) и [AutodeskMechanicalDesktop](#), [SDRC I-DEAS](#) и [Pro/ENGINEER](#).

Решаемые задачи:

- **Конструкторская подготовка производства (КПП):**
 - [3Dпроектирование](#) изделий (деталей и сборок) любой степени сложности с учётом специфики изготовления.

- Создание конструкторской документации в строгом соответствии с [ГОСТ](#).
 - Промышленный дизайн.
 - Реверсивный инжиниринг.
 - Проектирование коммуникаций ([электрожгуты](#), [трубопроводы](#) и пр.).
 - Инженерный анализ ([прочность](#), [устойчивость](#), [теплопередача](#), [частотный анализ](#), динамика механизмов, [газо/гидродинамика](#), [оптика](#) и [светотехника](#), электромагнитные расчеты, анализ размерных цепей и пр.).
 - Экспресс-анализ технологичности на этапе проектирования.
 - Подготовка данных для ИЭТР.
 - Управление данными и процессами на этапе КПП.
- **Технологическая подготовка производства (ТПП):**
 - Проектирование оснастки и прочих средств технологического оснащения
 - Анализ технологичности конструкции изделия.
 - Анализ технологичности процессов изготовления (литье пластмасс, анализ процессов штамповки, вытяжки, гибки и пр.).
 - Разработка технологических процессов по ЕСТД.
 - Материальное и трудовое нормирование.
 - Механообработка: разработка управляющих программ для станков с ЧПУ, верификация УП, имитация работы станка. Фрезерная, токарная, токарно-фрезерная и электроэрозионная обработка, лазерная, плазменная и гидроабразивная резка, вырубные штампы, координатно-измерительные машины.
 - Управление данными и процессами на этапе ТПП
- **Управление данными и процессами:**
 - Работа с единой цифровой моделью изделия.
 - Электронный технический и распорядительный документооборот.
 - Технологии коллективной разработки.
 - Работа территориально-распределенных команд.
 - Ведение архива технической документации по ГОСТ
 - Проектное управление.
 - Защита данных. ЭЦП.
 - Подготовка данных для ERP, расчет себестоимости.

Система включает программные модули собственной разработки, а также сертифицированное ПО от специализированных разработчиков (SolidWorksGoldPartners).

Содержание

- [1 Состав комплекса](#)
 - [1.1 SolidWorksStandard](#)
 - [1.2 SolidWorksProfessional](#)
 - [1.3 SolidWorksPremium](#)
 - [1.4 SolidWorksSimulation](#)
 - [1.5 SolidWorksFlowSimulation](#)

- [1.6 SolidWorksPlastics](#)
- [1.7 SolidWorksElectrical](#)
- [1.8 SolidWorksComposer](#)
- [1.9 SolidWorksInspection](#)
- [2 Лицензии для учебных заведений](#)
 - [2.1 SolidWorksSchoolEdition](#)
 - [2.2 SolidWorks CAMPUS](#)
 - [2.3 SolidWorksStudentEngineeringKit](#)
 - [2.4 SolidWorksResearch](#)
- [3 История версий](#)
- [4 Галерея](#)
- [5 См. также](#)
- [6 Ссылки](#)

1. Состав комплекса

Программный комплекс SolidWorks включает базовые конфигурации SolidWorksStandard, SolidWorksProfessional, SolidWorksPremium, а также различные прикладные модули:

- Управление инженерными данными: SolidWorksEnterprise PDM
- Инженерные расчеты: SolidWorks Simulation Professional, SolidWorks Simulation Premium, SolidWorks Flow Simulation
- Электротехническое проектирование: SolidWorksElectrical
- Разработка интерактивной документации: SolidWorksComposer
- Механообработка, ЧПУ: CAMWorks
- Верификация УП: CAMWorksVirtualMachine
- Контроль качества: SolidWorksInspection
- Анализ технологичности: SolidWorksPlastics, DFM и пр.
- и др.

Предоставляются коммерческие и учебные лицензии.

1.1. SolidWorksStandard

Включает:

- Гибридное параметрическое моделирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхностей, каркасное моделирование и их комбинация без ограничения степени сложности.
- Проектирование изделий с учётом специфики изготовления: детали из пластмасс, листового материал, пресс-формы и штампы металлоконструкции и пр.
- Проектирование сборок: проектирование «снизу вверх» и «сверху вниз». Проектирование от концепции. Работа со сложными сборками: SpeedPak — управление производительностью системы, управление отображениями,

управление конфигурациями, работа с мозаичными данными, режим сокращенных сборок и чертежей.

- Библиотеки проектирования: единая библиотека физических свойств материалов, текстур и штриховок. Типовые конструктивные элементы, стандартные детали и узлы, элементы листовых деталей, профили прокатного сортамента и т. п. Библиотека стандартных компонентов от поставщиков-производителей.
- Прямое редактирование геометрии: технологии Instant3D.
- Проектирование на основе баз знаний: технологии DriveWorksXpress.
- Экспертные системы:
 - SketchXpert — анализ конфликтов в эскизах, поиск оптимального решения.
 - FeatureXpert, FilletXpert, DraftXpert — автоматическое управление элементами скруглений и уклонов, оптимизация порядка построения модели.
 - Instant3D — динамическое прямое редактирование 3D моделей деталей и сборок, стандартных компонентов.
 - DimXpert — автоматизированная простановка размеров и допусков в 3D модели, а также размеров в чертежах, возможность работы с импортированной геометрией.
 - AssemblyXpert — анализ производительности больших сборок, подготовка вариантов решений по улучшению быстродействия.
 - MateXpert — анализ сопряжений сборок, поиск оптимального решения.
- Инженерный анализ: экспресс-расчеты массово-инерционных характеристик, кинематики и динамики механизмов, прочности и аэро/гидродинамики.
- Анализ технологичности модели: механообработка, обработка листа, литье, заполнение пресс-форм.
- Экологическая экспертиза проекта: технологии SustainabilityXpress.
- Оформление чертежей по ЕСКД: двунаправленная ассоциативность 3D модели, чертежа и спецификации. Использование библиотек оформления КД по ГОСТ: специальные символы, базы, допуски и посадки, шероховатости, клеймение и маркировка, технические требования, элементы гидравлических и электрических схем и т. д.
- Трансляция данных:
 - нейтральные форматы
 - STEP AP203/AP214,
 - Parasolid,
 - ACIS,
 - IGES,
 - VDAFS,
 - STL,
 - VRML.
 - Прямые трансляторы
 - Pro/ENGINEER,
 - NX,
 - SolidEdge,
 - Inventor,
 - [AutoCAD](#),
 - [CATIA](#)Graphics.

- Построение 3D модели печатной платы по импортированным данным из
 - P-CAD,
 - Altium Designer,
 - MentorGraphics,
 - CADENCE и др.
- Анимация: создание мультипликации (анимаций) на основе 3D моделей.
- API SDK: поддержка программирования на языках VisualBasic, Visual C++ и др., запись и редактирование макросов (VBA).
- SolidWorksRx: утилита автоматической диагностики компьютера на соответствие требованиям SolidWorks.
- SolidWorkseDrawings: средства согласования технической документации.
- DraftSight: специальные лицензии профессиональной 2D САПР для создания дополнительных рабочих мест работе с данными DWG (создание, редактирование, просмотр). Лицензии предоставляются бесплатно в необходимом количестве.

1.2. SolidWorksProfessional

Включает функциональные возможности SolidWorksStandard, а также:

- Библиотеки стандартных изделий (SolidWorksToolbox): крепеж, подшипники, прокатный сортамент, кулачки, шкивы, шестерни и т. п.) по стандартам ГОСТ, ISO, ANSI, BSI, DIN, JIS, CISC, PEM®, SKF®, Torrington®, Truarc®, Unistrut®..
- Интерактивная документация: подготовка данных для ИЭТР — Photoview 360, eDrawingsProfessional.
- Распознавание и параметризация импортированной геометрии: технологии FeatureWorks.
- Автоматическая проверка и корректировка моделей/чертежей на соответствие СтП: технологии DesignChecker.
- Сравнение документов SolidWorks: детали, сборки, чертежи: технологии SolidWorksUtilities.
- Планирование задач (TaskScheduler): настройка задач для выполнения по расписанию. Планируемые задачи: групповая печать, импорт/экспорт, проверка проекта на соответствие стандартам предприятия и т. д.

1.3. SolidWorksPremium

Включает функциональные возможности SolidWorksStandard и SolidWorksProfessional, а также:

- Проектирование трубопроводов (SolidWorksRouting): жесткие сборные трубопроводы (на сварке и резьбе), гнутые трубопроводы, гибкие подводки и шланги. Формирование данных для трубогибов. Библиотеки стандартных элементов по ГОСТ.
- Обратный инжиниринг (ScanTo3D): преобразование сканированного облака точек в 3D модели SolidWorks.

- Анализ размерных цепей в 3D модели сборки (TolAnalyst): расчет и оптимизация допусков и посадок.
- Обмен данными с радиотехническими САПР (CircuitWorks): двунаправленный обмен данными с радиотехническим САПР ([P-CAD](#), [Altium Designer](#), [MentorGraphics](#), [CADENCE](#) и др.).
- Инженерный анализ: SolidWorksMotion — комплексный динамический и кинематический анализ механизмов. SolidWorksSimulation — расчет на прочность конструкций (деталей и сборок) в упругой зоне.

1.4. SolidWorksSimulation

Семейство дополнительных модулей инженерного анализа. Включает:

SolidWorksSimulation - Расчет на прочность конструкций (деталей и сборок) в упругой зоне. Входит в базовую конфигурацию SolidWorksPremium.

SolidWorksSimulationProfessional - Расчёт на прочность конструкций в упругой зоне, постановка и решение контактных задач, расчёт сборок; определение собственных форм и частот колебаний, расчёт конструкции на устойчивость, усталостные расчёты, имитация падения, тепловые расчёты. Оптимизация параметров модели
SolidWorksMotion: комплексный динамический и кинематический анализ механизмов, определение скоростей, ускорений и взаимных воздействий элементов системы.

SolidWorksSimulationPremium - Нелинейные расчёты: учёт нелинейных свойств материала, нелинейного нагружения, расчёт нелинейных контактных задач; анализ усталостных напряжений и определение ресурса конструкций. Линейная и нелинейная динамика деформируемых систем. Оптимизация параметров модели. Расчёт многослойных композиционных оболочек. Включает функционал SolidWorksSimulationProfessional.

1.5. SolidWorksFlowSimulation

Семейство дополнительных модулей по газо/гидродинамическим расчетам. Включает:

SolidWorksFlowSimulation - моделирование течения жидкостей и газов, управление расчётной сеткой, использование типовых физических моделей жидкостей и газов, комплексный тепловой расчёт, газо/гидродинамические и тепловые модели технических устройств, нединамический и нестационарный анализ, расчёт вращающихся объектов, экспорт результатов в SolidWorksSimulation.

SolidWorksFlowSimulationElectronicCoolingModuleAdd-In — дополнительный модуль для теплового расчёта электронных устройств. Включает: расширенная база

данных по виртуальным вентиляторам; материалам электротехнического назначения, термоэлектрическим охладителям (элементы Пельтье), двухрезисторным компонентам. Имитация прохождения постоянного тока и джоулева нагрева постоянным током, модели двухрезисторных компонентов, тепловых трубок, многослойных печатных плат.

SolidWorksFlowSimulation HVAC ModuleAdd-In — дополнительный модуль SolidWorksFlowSimulation для расчёта систем вентиляции, отопления и кондиционирования. Включает: расширенная база данных по строительным материалам и вентиляторам; уточнённая модель теплообмена излучением с учётом отражения, преломления и спектральных характеристик; расчёт параметров комфорта: средней прогнозируемой оценки, допустимого числа неудовлетворённых, среднерадиационной температуры и др.

1.6. SolidWorksPlastics

Семейство дополнительных модулей по анализу проливаемости пресс-форм. Включает:

SolidWorksPlasticsProfessional - Анализ проливаемости пресс-форм с учетом физических свойств полимеров. Анализ заливки материала. Анализ движение потока материала. Определение мест холодного спая. Распределение полей температур и давления. Библиотеки материалов.

SolidWorksPlasticsPremium - Анализ процесса затвердевания материала. Расчет остаточных усилий смыкания пресс-формы. Включает функционал SolidWorksPlasticsProfessional.

SolidWorksPlasticsAdvanced - Расчет коробления детали. Расчет деформации детали. Расчет остаточных напряжений. Учет усадки по линейной модели. Тепловой анализ. Определение полей температуры в модели. Расчет времени охлаждения. Расчет тепловых напряжений. Включает функционал SolidWorksPlasticsPremium.

1.7. SolidWorksElectrical

Семейство дополнительных модулей для электротехнического проектирования. Включает:

SolidWorksElectricalSchematic - Профессиональная 2D САПР электрических схем. Проектирование логических, структурных, электрических принципиальных схем, блок-схем кабельных подключений, таблиц соединений и.т.д. с использованием пополняемой номенклатурной базы компонентов от мировых производителей радиоэлектроники. Автоматическая нумерация и маркировка компонентов проекта с обновлением в режиме

реального времени. Двумерная компоновка компонентов в шкафах и модулях. Создание документации и отчетов на основе данных проекта. Совместная работа разработчиков над цифровым макетом электрической составляющей изделия с учетом изменений в режиме реального времени. Возможность использовать наработки в формате DWG/DXF.

SolidWorksElectrical 3D - 3D компоновка электрических шкафов на основе 2D данных проекта и обширной базы 3D моделей комплектующих. Автоматическая прокладка проводов с учетом кабель-каналов. Автоматическое разделение прокладки кабельной системы по силовым и сигнальным линиям. Расчет заполняемости кабель-каналов.

SolidWorks Electrical Professional - включает функционал SolidWorks Electrical Schematic и SolidWorks Electrical 3D.

1.8. SolidWorksComposer

Дополнительный модуль для создания электронного контента для технических описаний и руководств по эксплуатации. Позволяет на основе трёхмерных конструкторских моделей, с применением широкого спектра инструментов оформления, создавать анимационные ролики и иллюстративный материал высокого разрешения. Позволяет сформировать информативный HTML документ с поддержкой объектных гиперссылок и анимированных переходов. Прямая поддержка файлов SolidWorks, CATIA, Pro/E, STEP, IGES. Представление результатов в форматах MicrosoftOffice®, PDF, HTML, SVG, CGM и др.

1.9. SolidWorksInspection

Семейство дополнительных модулей для анализа качества производственных изделий. Включает:

SolidWorksInspection. Автоматизация проверки первого выпущенного образца изделия на соответствие техническим условиям. Автоматическое и интерактивное создание таблицы контроля качества детали на основе чертежа SolidWorks. Поддержка размеров с допусками, допусков формы и расположения поверхностей, обозначений шероховатости поверхности, элементов технических требований чертежа. Добавление в чертёж ссылок на элементы таблицы. Назначение весовых коэффициентов контролируемым параметрам. Поддержка стандартов AS9102, PPAP, ISO 13485 и других. Экспорт созданных таблиц и аннотированных чертежей в файлы Excel и PDF. Настройка шаблонов таблиц контроля качества детали в соответствии со стандартами предприятия.

SolidWorksInspectionProfessional. Создание таблиц контроля качества на основе чертежей в форматах TIFF и PDF без использования лицензии SolidWorks. Распознавание текстов, размеров, технологических обозначений. Ввод в созданные таблицы результатов обмера контролируемой детали вручную или с использованием электронных средств измерения, пакетный ввод результатов обмеров с координатно-измерительных машин (КИМ). Анализ результатов обмера и составление отчёта о пригодности контролируемой детали. Включает функционал SolidWorksInspection.

2. Лицензии для учебных заведений

- SolidWorks School Edition
- SolidWorks CAMPUS
- SolidWorks Engineering Kit
- SolidWorks Research

2.1. SolidWorks School Edition

SolidWorksEducationEdition — учебный программный комплекс SolidWorks, предназначенный для обеспечения учебного процесса в школах, техникумах и колледжах. Предоставляется сетевая лицензия емкостью до 60 учебных мест. Включает в себя следующие модули:

- **SolidWorksPremium:** Система автоматизированного проектирования деталей и сборок любой сложности и назначения; проектирование изделий с учётом специфики изготовления (листовой материал, оснастки, сварные конструкции...); оформление чертежей по ЕСКД; экспертные системы проектирования; работа с данными 3D сканирования; создание интерактивной документации; проектирование трубопроводов и электрожгутов; анализ размерных цепей; анализ технологичности; библиотеки стандартных изделий ГОСТ, DIN, ISO и др.
- **SolidWorksSimulationPremium:** Расчет на прочность в линейном и нелинейном приближении, частотный анализ, устойчивость, усталостные расчеты, имитация падения, тепловые расчеты. Линейная и нелинейная динамика деформируемых систем. Расчет многослойных композиционных оболочек. Динамический анализ механизмов.
- **SolidWorksFlowSimulation:** Газо/гидродинамика, тепловой расчет, стационарный и нестационарный анализ.
- **SolidWorksPlasticsPremium** - Анализ проливаемости пресс-форм с учетом физических свойств полимеров.
- **SolidWorksSustainability:** Экологическая экспертиза проекта.

Учебный программный комплекс не имеет каких-либо ограничений по функционалу по отношению к коммерческим версиям. Срок действия лицензий не ограничен.

2.2. SolidWorks CAMPUS

SolidWorks CAMPUS — университетский пакет учебных лицензий SolidWorks для единовременного оснащения лицензионным ПО всех подразделений учебного заведения. Предоставляются бессрочные сетевые лицензии SolidWorks на 200, 500 и 1000 учебных мест. Включает все функции SolidWorksSchoolEdition, а также дополнительные опции по использованию SolidWorks в домашних условиях: заимствование лицензий на срок до 300 дней, студенческие и домашние лицензии SolidWorks, доступ к сдаче международных экзаменов на профессиональный сертификат CertifiedSolidWorksProfessional - CSWP.

2.3. SolidWorks Student Engineering Kit

SolidWorksStudentEngineeringKit (SEK) — студенческая (домашняя) лицензияSolidWorksPremium, SolidWorksSimulationPrremium, SolidWorksFlowSimulationдляиспользованиястудентамиипреподавателямивдомашнихусловиях.Распространяются кафедрами ВУЗа с актуальными версиями SolidWorks CAMPUS на 200—1000 мест. Срок действия лицензии — 1 учебный год.

2.4. SolidWorksResearch

SolidWorksResearch — льготные коммерческие лицензии программного комплекса SolidWorks, предназначенные для проведения учебным заведением работ по заказам государственных предприятий, частных компаний и различных фондов. Данный тип лицензий — SolidWorksResearch — является полным аналогом коммерческих лицензий по функционалу и правам использования. Лицензии Research также могут использовать малые инновационные предприятия, учредителями которых являются ВУЗы.

3. История версий

Прошлые версии (важнейшие нововведения):

- SolidWorks 95: Первая 3DCAПРнаОСWindows. Drag&Drop. Дерево конструирования (FeatureManager)...
- SolidWorks 96: Проектирование механизмов и анализ кинематики.
- SolidWorks 97: FeaturePalette — библиотека проектирования.
- SolidWorks 97 Plus — поддержка интернет-технологий при проектировании.
- SolidWorks 98: SketchDiagnostics — автоматический поиск конфликтов в эскизе. Управление касательностью в элементах по сечениям и по траектории.
- SolidWorks 98 Plus: Автосопряжения. Легковесные компоненты в сборках. Работа с поверхностями. Параметризация импортированной геометрии — FeatureWorks.

- SolidWorks 99: Поиск конфликтов в подвижных сборках. Трёхмерные эскизы. Проектирование трубопроводов. Управление структурой сборки.
- SolidWorks 2000: Появление eDrawings. Новый мастер отверстий. Динамический анализ зазоров между подвижными компонентами.
- SolidWorks 2001: Зеркальное отображение компонентов в сборке.
- SolidWorks 2001 Plus: Проектирование механизмов с учётом физической динамики. Работа с большими сборками. Средства автоматизированной конвертации данных 2D проектирования в параметризованные 3D модели.
- SolidWorks 2003: Экспресс-расчет на прочность — COSMOSXPress. Интернет-библиотеки поставщиков комплектующих и стандартных изделий в формате SolidWorks. Работа с многотельными деталями. Работа с многоконтурными эскизами. Появление базовой конфигурации SolidWorksProfessional.
- SolidWorks 2004: Реалистичное отображение деталей и сборок в процессе проектирования. Автоматическая простановка позиций. Сварные конструкции. Инструменты автоматизированного создания формообразующих.
- SolidWorks 2005: Объемный электромонтаж. Сравнение версий чертежа. Автоматическая расстановка размеров.
- SolidWorks 2006: Автокомпоненты библиотечных деталей. Проверка проекта.
- SolidWorks 2007: Экспертные системы проекта: анализ технологичности, КВЕ-проектирование. Обратный инжиниринг. Free-Form моделирование.
- SolidWorks 2008: Прямое моделирование и редактирование 3D. Анализ и оптимизация размерных цепей в 3D.
- SolidWorks 2009: Интегрированные средства подготовки данных для ИЭТР. Технология работы с большими проектами — SpeedPak.
- SolidWorks 2010: Экологическая экспертиза проекта. Динамический анализ «по событию». Интеллектуальные средства образмеривания чертежей.
- SolidWorks 2011: Анализ изделия по произвольным критериям и графическая визуализация результатов. Облачные технологии управления инженерными данными. Специализированные модули по расчету радиоэлектронной аппаратуры, климатических и вентиляционных систем. Поддержка данных в формате IFC для строительных конструкций. Виртуальная «прогулка» по модели. Функции автоматизированного нормоконтроля.
- SolidWorks 2012: Механизм замораживания дерева конструирования. Специализированная технология работы с особо крупными проектами. Экспертная система расчета себестоимости изделия. Управление данными объемного электромонтажа и EDA: E3, EPLAN.
- SolidWorks 2013: Новые типы кривых, расширенные инструменты администрирования (CAD AdministrationTool), возможность чтения данных новой версии в рамках предыдущего релиза. Новые программные модули SolidWorksPlastics (полнофункциональный анализ литья пластмасс), SolidWorksElectrical (комплексное проектирование и конструирование электротехнических изделий). SWE-PDM: интеграция с MS Project, конфигуратор изделий, импорт справочников из произвольных баз данных, новая платформа базы материалов.
- SolidWorks 2014: Вращение компонентов в разнесённых состояниях, сопряжения для пазов (прорезей), ординатные угловые размеры, замена модели в видах

чертежа, скругления кониками, элементы усиления сгиба листовой детали, кривые Безье. Совместный режим работы CircuitWorks и SolidWorksFlowSimulation, электрические расчёты в отчётах SolidWorksElectrical, совместный режим работы SolidWorksPlastics и SolidWorksSimulation, интеграция SWE-PDM и Altium Designer. Новые программные модули: SolidWorksPlasticsAdvanced и SolidWorksInspection.

Текущая версия:

- SolidWorks 2015: Асимметричные скругления, развертки неразворачиваемых поверхностей, управляемый размерами массив, цепные массивы в сборках, радиальное разнесение компонентов сборки, четвертные вырезы в модели и виды модели с разрывами, зоны в чертежах, проектирование коробов вентиляции. Новые передель в Costing: литье, сварка, 3D-печать. Treehouse - проектирование структуры изделия. SolidWorks MBD - 3D аннотирование (технологии PMI). Скользящие сетки в SolidWorksFlowSimulation. Учет симметрии в SolidWorksPlastics. SolidWorksSimulation: проверка самопересечений при деформации, осевая симметрия в нелинейных расчетах.

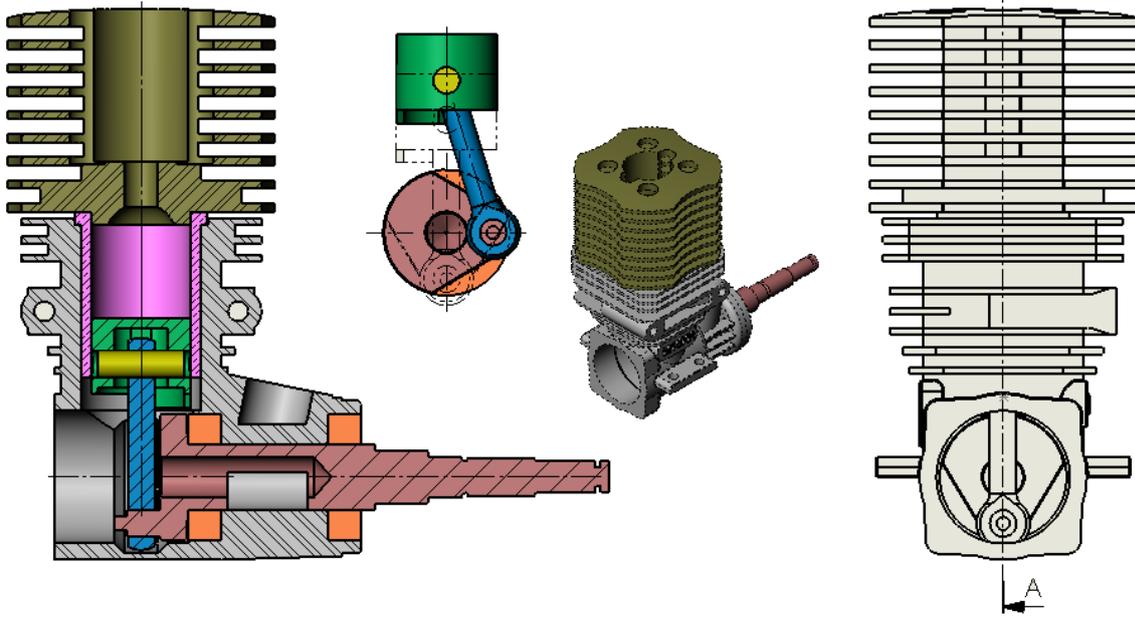
Версии в процессе подготовки:

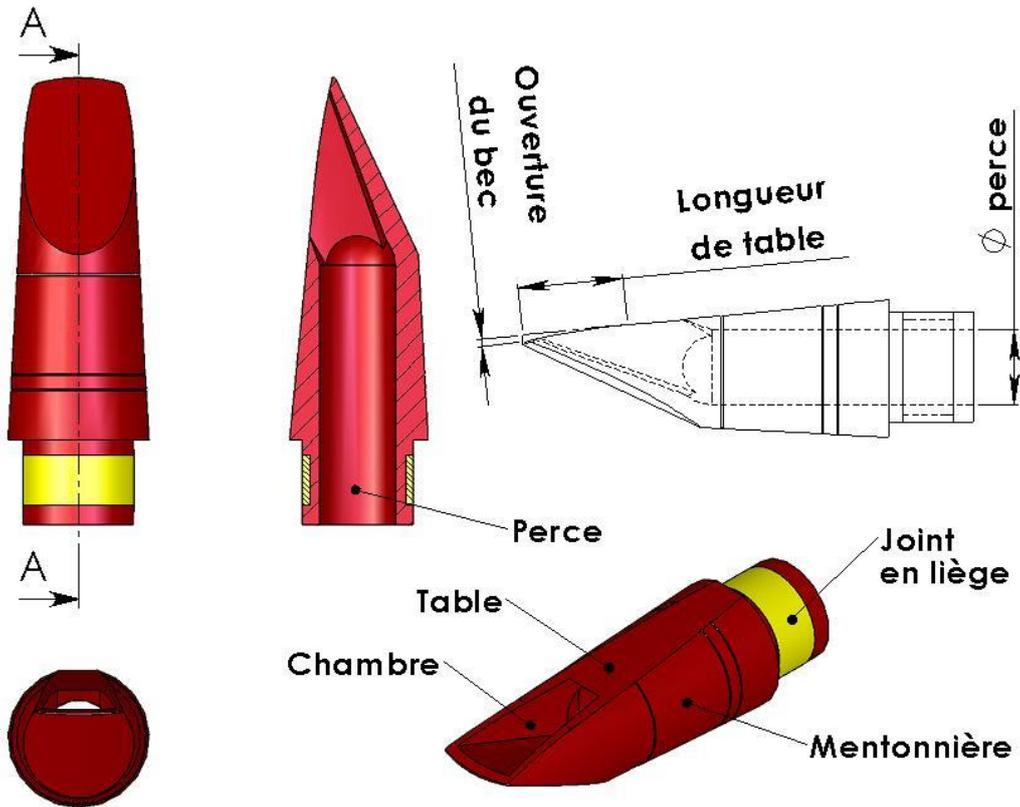
- SolidWorks 2016. В процессе разработки. Будет представлена на SolidWorks WORLD 2015, Финикс, США.

Примечание: Начиная с версии 2012 файлы, созданные в новых версиях SolidWorks, можно открывать для чтения и использования в сборках и чертежах в рамках предыдущей версии (сервис-пак 5).

4. Галерея

COUPE A-A





5. См. также

- [DassaultSystemes](#)
- [CATIA](#)
- [NX \(CAIP\)](#)
- [Creo](#)
- [CAIP](#)

6. Ссылки

- [Официальный сайт \(англ.\)](#)
- [Официальный сайт \(компания-партнер «SolidWorksRussia»\)](#)
- [Русскоязычный форум, посвященный работе в SolidWorks](#)

2. AutoCAD

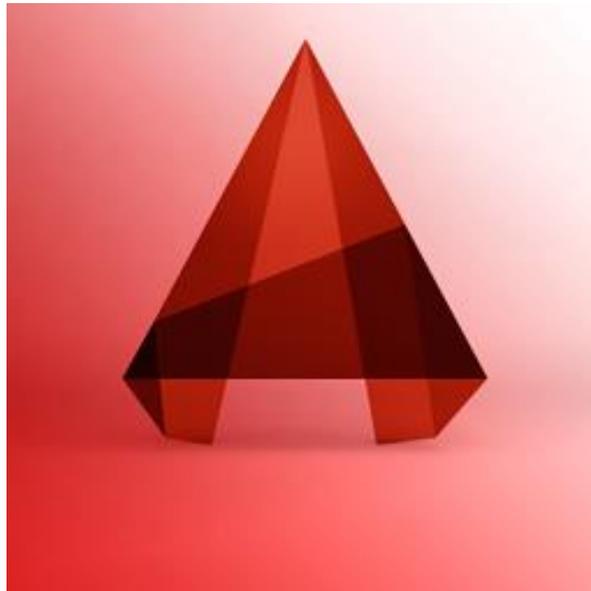


Рис.1. Логотип AutoCAD

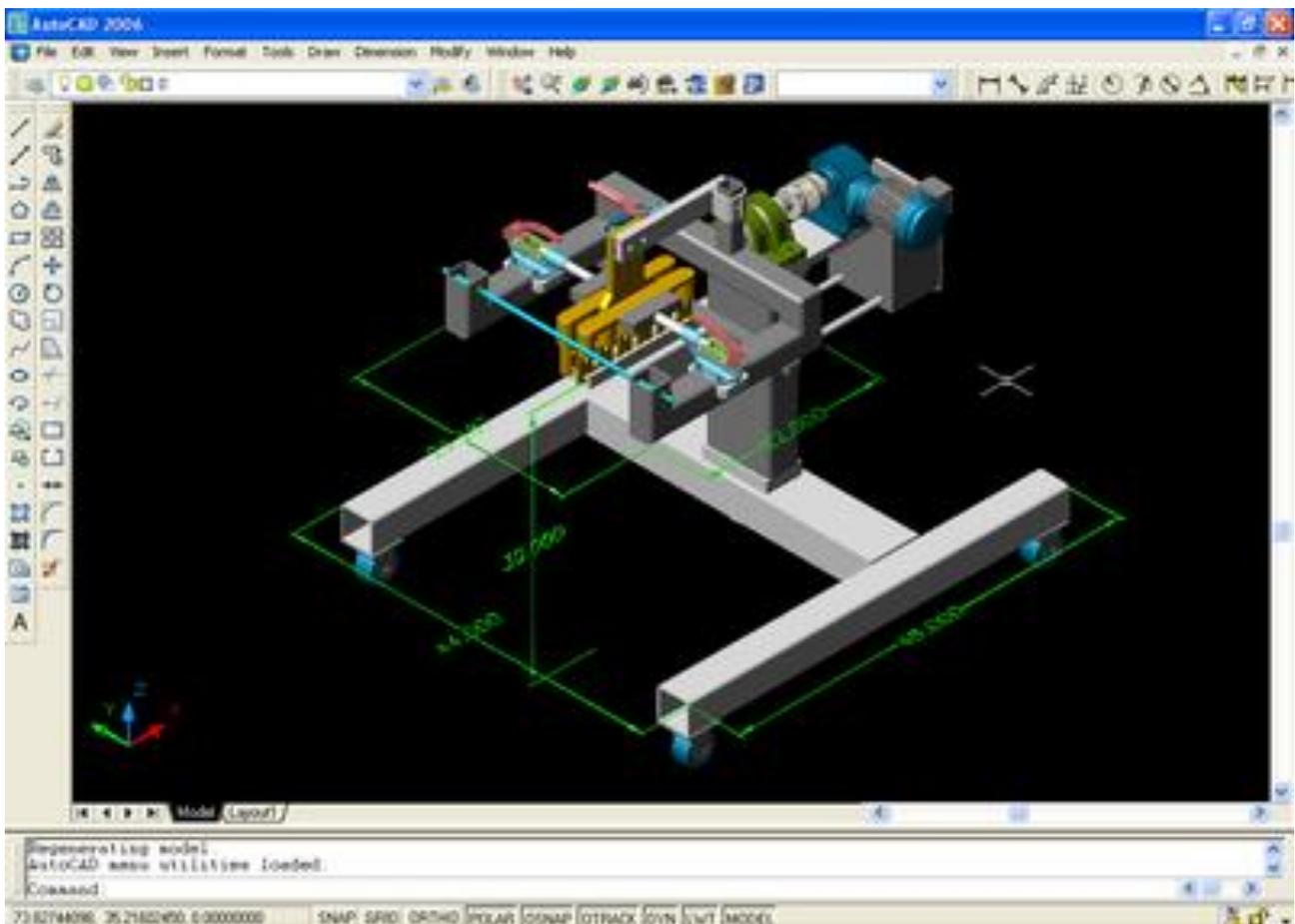


Рис. 2. AutoCAD 2006, запущенный под Windows XP.

Разработчик	Autodesk
Операционная система	Windows , OSX , iOS , Android
Лицензия	Проприетарная
Сайт	autodesk.com/products/autodesk-autocad/

AutoCAD — двух- и трёхмерная [система автоматизированного проектирования](#) и черчения, разработанная компанией [Autodesk](#). Первая версия системы была выпущена в 1982 году. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности. Программа выпускается на 18 языках. Уровень локализации варьируется от полной адаптации до перевода только справочной документации. Русскоязычная версия локализована полностью, включая [интерфейс командной строки](#) и всю документацию, кроме руководства по программированию.

Содержание

- [1 Функциональные возможности](#)
- [2 Средства разработки и адаптации](#)
 - [2.1 Динамические блоки](#)
 - [2.2 Макрокоманды](#)
 - [2.2.1 ActionMacros](#)
 - [2.2.2 MenuMacros](#)
 - [2.2.3 DIESEL](#)
 - [2.3 Visual LISP](#)
 - [2.3.1 AutoLISP](#)
 - [2.3.2 Расширения ActiveX для AutoLISP](#)
 - [2.3.3 DCL](#)
 - [2.4 AutoCAD VBA](#)
 - [2.5 ObjectARX](#)
 - [2.6 .NET](#)
 - [2.7 COM](#)
 - [2.8 JavaScript](#)
- [3 Поддерживаемые операционные системы](#)
- [4 AutoCAD LT](#)
- [5 AutoCAD 360](#)
- [6 Студенческие лицензии](#)
- [7 Специализированные приложения на основе AutoCAD](#)
- [8 СПДС модуль](#)
- [9 Поддерживаемые форматы файлов](#)
- [10 История версий AutoCAD](#)
- [11 Примечания](#)
- [12 Ссылки](#)
- [13 Литература](#)

1. Функциональные возможности

Ранние версии AutoCAD оперировали небольшим числом элементарных объектов, такими как круги, линии, дуги и текст, из которых составлялись более сложные. В этом качестве AutoCAD заслужил репутацию «электронного [кульмана](#)», которая остаётся за ним и поныне^{[1][2][3]}. Однако на современном этапе возможности AutoCAD весьма широки и намного превосходят возможности «электронного кульмана»^[4].

В области двумерного проектирования AutoCAD по-прежнему позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование механизма внешних ссылок (XRef) позволяет разбивать чертеж на составные файлы, за которые ответственны различные разработчики, а динамические блоки расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования. Начиная с версии 2010 в AutoCAD реализована поддержка двумерного [параметрического черчения](#). В версии 2014 появилась возможность динамической связи чертежа с реальными картографическими данными (GeoLocation API).

Текущая версия программы (AutoCAD 2014) включает в себя полный набор инструментов для комплексного [трёхмерного моделирования](#) (поддерживается [твердотельное](#), [поверхностное](#) и [полигональное моделирование](#)). AutoCAD позволяет получить высококачественную визуализацию моделей с помощью системы [рендеринга mentalray](#). Также в программе реализовано управление трёхмерной печатью (результат моделирования можно отправить на [3D-принтер](#)) и поддержка [облаков точек](#) (позволяет работать с результатами [3D-сканирования](#)). Тем не менее следует отметить, что отсутствие трёхмерной параметризации не позволяет AutoCAD напрямую конкурировать с машиностроительными САПР среднего класса, такими как [Inventor](#), [SolidWorks](#) и другими^[5]. В состав AutoCAD 2012 включена программа InventorFusion, реализующая технологию прямого моделирования^[6].

2. Средства разработки и адаптации

Широкое распространение AutoCAD в мире обусловлено не в последнюю очередь развитыми средствами разработки и адаптации, которые позволяют настроить систему под нужды конкретных пользователей и значительно расширить функционал базовой системы. Большой набор инструментальных средств для разработки приложений делает базовую версию AutoCAD универсальной платформой для разработки приложений^{[7][8]}. На базе AutoCAD самой компанией Autodesk и сторонними производителями создано большое количество специализированных прикладных приложений, таких как AutoCADMechanical, AutoCADElectrical, AutoCADArchitecture, GeoniCS, Promis-e, PLANT-4D, AutoPLANT, СПДС GraphiCS, MechaniCS, GEOBRIDGE, САПР ЛЭП, RubiusElectricSuite и других.

2. 1. Динамические блоки

Динамические блоки — двумерные параметрические объекты, обладающие настраиваемым набором свойств. Динамические блоки предоставляют возможность сохранения в одном блоке (наборе графических примитивов) нескольких геометрических реализаций, отличающихся друг от друга размером, взаимным расположением частей блока, видимостью отдельных элементов и т. п. С помощью динамических блоков можно сократить библиотеки стандартных элементов (один динамический блок

заменяет несколько обычных). Также активное использование динамических блоков в ряде случаев позволяет значительно ускорить выпуск рабочей документации^{[9][10]}. Впервые динамические блоки появились в AutoCAD 2006^[11].

2. 2. Макрокоманды

[Макрокоманды](#) (макросы) в AutoCAD являются одним из самых простых средств адаптации, доступных большинству пользователей. Макросы AutoCAD не следует путать с макросами, создаваемыми посредством [VBA](#).

2. 2. 1. ActionMacros

ActionMacros впервые появились в AutoCAD 2009. Пользователь выполняет последовательность команд, которая записывается с помощью инструмента ActionRecorder.

2. 2. 2. MenuMacros

Пользователь имеет возможность создавать собственные кнопки, с помощью которых можно вызывать заранее записанные по определённым правилам серии команд (макросы). В состав макросов можно включать выражения, написанные на языках DIESEL и AutoLISP^[12].

2. 2. 3. DIESEL

DIESEL (DirectInterpretivelyEvaluatedStringExpressionLanguage) — язык оперирования строками с небольшим количеством функций (всего 28 функций). Он позволяет формировать строки, которые должны иметь переменный текст, зависящий от каких-либо условий. Результат выводится в виде строки, которая интерпретируется системой AutoCAD как команда. Язык DIESEL используется, в основном, для создания сложных макрокоманд в качестве альтернативы AutoLISP. Особое значение данный язык имеет для версии AutoCAD LT, в котором отсутствуют все средства программирования, за исключением DIESEL^[12]. Данный язык впервые появился в AutoCAD R12.

2. 3. Visual LISP

Visual LISP — [среда разработки приложений](#) на языке AutoLISP. Иногда под названием Visual LISP подразумевают язык AutoLISP, дополненный расширениями [ActiveX](#). Среда разработки Visual LISP встроена в AutoCAD начиная с версии AutoCAD 2000. Ранее (AutoCAD R14) она поставлялась отдельно. Среда разработки содержит язык AutoLISP и язык DCL, а также позволяет создавать приложения, состоящие из нескольких программ^[7]. Несмотря на название, Visual LISP не является средой [визуального программирования](#).

2. 3. 1. AutoLISP

AutoLISP — диалект языка [Лисп](#), обеспечивающий широкие возможности для автоматизации работы в AutoCAD. AutoLISP — самый старый из внутренних языков программирования AutoCAD, впервые он появился в [1986 году](#) в AutoCAD 2.18 (промежуточная версия). В AutoLISP реализовано тесное взаимодействие с командной строкой, что способствовало его популяризации среди инженеров, работающих с AutoCAD.

2. 3. 2. Расширения ActiveX для AutoLISP

Расширения [ActiveX](#) значительно увеличивают функциональность AutoLISP, добавляют возможности работы с файлами, реестром, а также связи с другими приложениями. Дополнительные расширения работают напрямую с объектной моделью AutoCAD посредством функций ActiveX. Впервые технология ActiveX была внедрена в AutoCAD R14.

2. 3. 3. DCL

DCL (DialogControlLanguage) — язык разработки [диалоговых окон](#) для приложений, написанных на языке AutoLISP. Впервые DCL был введен в AutoCAD R12 и с тех пор не претерпел существенных изменений. Для разработки диалоговых окон не используется визуальное программирование и возможности создания диалоговых окон существенно ограничены. Для устранения указанных недостатков и расширения возможностей AutoLISP сторонними разработчиками созданы альтернативные среды для разработки диалоговых окон, такие как ObjectDCL, OpenDCL и некоторые другие^[13].

2. 4. AutoCAD VBA

В AutoCAD, начиная с версии R14, введена поддержка [VBA](#) (VisualBasicforApplication). В отличие от VisualLISP, VBA является визуальной средой программирования, однако приложения VBA работают с AutoCAD только посредством ActiveX, а с AutoLISP взаимодействие сильно ограничено^[7]. Достоинствами VBA является более полная поддержка ActiveX и возможность загрузки [DLL](#)-библиотек.

Начиная с версии AutoCAD 2010 среда разработки VBA не входит в комплект поставки программы. Autodesk постепенно отказывается от поддержки VBA в AutoCAD, отдавая приоритет .NET.^[14] В версии AutoCAD 2014 VBA был обновлен до версии 7.1, но, тем не менее, данная среда разработки по-прежнему устанавливается отдельно^[15].

2. 5. ObjectARX

ObjectARX SDK — дополнение к среде разработки [MicrosoftVisualStudio](#) и содержит специальные библиотеки, заголовочные файлы, примеры и вспомогательные инструменты, предназначенные для создания программ, функционирующих исключительно в среде AutoCAD. ARX-приложения могут напрямую обращаться к базе данных рисунка и геометрическому ядру. Можно создавать собственные команды, аналогичные стандартным командам AutoCAD. Впервые пакет ObjectARX был реализован для AutoCAD R13, ранее существовали аналогичные по назначению пакеты ADS (для AutoCAD R11) и ARX (для AutoCAD R12)^[7]. Обозначение версий ObjectARX совпадает с обозначениями версий AutoCAD, для которых предназначен данный пакет. Программы, созданные для одной конкретной версии AutoCAD, несовместимы с другими версиями. Проблема совместимости, как правило, решается перекомпиляцией программы в соответствующей версии ObjectARX.

2. 6. .NET

Благодаря поддержке [Microsoft.NET Framework](#) существует возможность создания приложений для AutoCAD в любой среде разработки приложений, поддерживающих данную технологию^[16].

2. 7. COM

Недокументированная возможность работы с AutoCAD на всех языках программирования, поддерживающих технологию [COM](#). Наибольшей популярностью среди разработчиков пользуется язык программирования [Delphi](#)^{[7][17]}.

2. 8. JavaScript

В версии 2014 была введена возможность загрузки и выполнения скриптов, написанных на языке [JavaScript](#)^[18]. При этом веб-сайт, с которого производится загрузка скрипта должен быть внесен в список доверенных (trusted) сайтов, определенных в соответствующей системной переменной^[19].

3. Поддерживаемые операционные системы

AutoCAD сертифицирован для работы в семействе [операционных систем Microsoft Windows](#) и [OS X](#). Версия 2014 поддерживает операционные системы [Windows XP](#) (с пакетом обновлений SP3), [Windows 7](#) и [Windows 8](#)^[1]. Поддержка [OS X](#) пока ограничивается лишь версией 2013^[20]. В комплект поставки (для Windows) входят версии и для 32-разрядных, и для 64-разрядных систем. AutoCAD поддерживает использование вычислительных ресурсов многопроцессорных и многоядерных систем.

4. AutoCAD LT

AutoCAD LT — специализированное решение для 2D-черчения. Оно стоит дешевле полной версии AutoCAD (примерно треть стоимости базовой версии). В AutoCAD LT полностью отсутствуют инструменты трёхмерного моделирования и визуализации (однако возможен просмотр трёхмерных моделей, сделанных в базовой версии), исключены программные средства адаптации системы (такие как AutoLISP и VBA, что делает невозможным установку сторонних приложений и надстроек, расширяющих базовые возможности AutoCAD), нет возможности создания параметрических чертежей, а также ряд других отличий^[21]. Версия «LT» впервые была представлена в 1993 году^[22].

5. AutoCAD 360

AutoCAD 360 (ранее **AutoCAD WS**)^[23] — интернет-приложение на базе [облачных вычислений](#), а также программа для мобильных устройств на [Apple iOS](#) ([iPad](#) и [iPhone](#)) и [Android](#)^[24], распространяющееся по бизнес-модели [freemium](#). Компанией предлагаются 3 тарифных плана — бесплатный (Free) и 2 платных: Pro и ProPlus^[25]. Пользователям бесплатного тарифного плана доступны базовые инструменты для просмотра и редактирования файлов формата DWG, загруженных в онлайн-хранилище Autodesk 360, при этом набор инструментов довольно ограничен^[26]. Для подписавшихся на платные тарифные планы предлагаются расширенные возможности: создание новых чертежей, дополнительные инструменты редактирования, поддержка файлов большого размера, увеличенный объём доступного онлайн-хранилища и другие. Имеется возможность подключения AutoCAD 360 и к другим облачным сервисам (помимо Autodesk 360), но редактирование файлов из сторонних источников доступно только для платных тарифных планов.^[25]

В AutoCAD для настольных операционных систем предусмотрена возможность прямой связи с данным сервисом (начиная с версии 2012).

6. Студенческие лицензии

Студенческие версии AutoCAD, предназначенные исключительно для использования студентами и преподавателями в образовательных целях, доступны для бесплатной загрузки с сайта Образовательного сообщества Autodesk^[27]. Функционально студенческая версия AutoCAD ничем не отличается от полной, за одним исключением: DWG-файлы, созданные или отредактированные в ней, имеют специальную пометку (так называемый *educationalflag*), которая будет размещена на всех видах, при печати файла (вне зависимости от того, из какой версии — студенческой или профессиональной — выполняется печать).

7. Специализированные приложения на основе AutoCAD

- *AutoCADArchitecture* — версия, ориентированная на архитекторов и содержащая специальные дополнительные инструменты для архитектурного проектирования и черчения, а также средства выпуска строительной документации.
- *AutoCADElectrical* разработан для проектировщиков электрических систем управления и отличается высоким уровнем автоматизации стандартных задач и наличием обширных библиотек условных обозначений.
- *AutoCADCivil 3D* — решение для проектирования объектов инфраструктуры, предназначенное для землеустроителей, проектировщиков генплана и проектировщиков линейных сооружений. Помимо основных возможностей, AutoCADCivil 3D может выполнять такие виды работ, как геопространственный анализ для выбора подходящей стройплощадки, анализ ливневых стоков для обеспечения соблюдения экологических норм, составление сметы и динамический расчет объёмов земляных работ.
- *AutoCAD MEP* ориентирован на проектирование инженерных систем объектов гражданского строительства: систем сантехники и канализации, отопления и вентиляции, электрики и пожарной безопасности. Реализовано построение трехмерной параметрической модели, получение чертежей и спецификаций на её основе.
- *AutoCADMap 3D* создан для специалистов, выполняющих проекты в сфере транспортного строительства, энергоснабжения, земле- и водопользования и позволяет создавать, обрабатывать и анализировать проектную и ГИС-информацию.
- *AutoCADRasterDesign* — программа [векторизации](#) изображений, поддерживающая оптическое распознавание символов (OCR).
- *AutoCADStructuralDetailing* — средство для проектирования и расчёта стальных и железобетонных конструкций, поддерживающее [технологии информационного моделирования зданий](#). Базовыми объектами являются балки, колонны, пластины и арматурные стержни и др.
- *AutoCADEscad* позволяет инженерам-электрикам создавать схемы электротехнического оборудования с помощью сценариев и библиотек условных обозначений.
- *AutoCADMechanical* предназначен для проектирования в машиностроении и отличается наличием библиотек стандартных компонентов (более 700 тысяч элементов), генераторов компонентов и расчётных модулей, средств автоматизации задач проектирования и составления документации, возможностью совместной работы.
- *AutoCAD P&ID* — это программа для создания и редактирования схем трубопроводов и КИП, а также для управления ими.
- *AutoCADPlant 3D* — инструмент для проектирования технологических объектов. В AutoCADPlant 3D интегрирован AutoCAD P&ID.

8. СПДС модуль

В 2010 году Autodesk впервые выпустил бесплатное дополнение для AutoCAD (для платформы Windows), предназначенное для оформления чертежей в соответствии со стандартами [СПДС](#), ГОСТ 21.1101-2009 «Основные требования к проектной и рабочей документации» и других нормативных документов^[28]. Модуль создает в ленте меню AutoCAD вкладку «СПДС» и добавляет в программу комплект чертежных шрифтов, соответствующих ГОСТ 2.304-81. Поддерживаются AutoCAD,

AutoCADArchitecture, AutoCAD MEP, AutoCADCivil 3D и AutoCADMechanical версий 2010, 2011 («СПДС модуль» 1.0), 2012 («СПДС модуль» 2.0) и 2013 («СПДС модуль» 3.0).

9. Поддерживаемые форматы файлов

Основным [форматом файла](#) AutoCAD является [DWG](#) — закрытый формат, изначально разрабатываемый Autodesk. Для обмена данными с пользователями других САПР предлагается использовать открытый формат [DXF](#). Следует отметить, что файлы с расширениями DWG и DXF может читать большинство современных САПР, поскольку данные форматы являются [стандартом де-факто](#) в области двумерного проектирования^[29]. Для публикации чертежей и 3D-моделей (без возможности редактирования) используется формат [DWF](#), также созданный компанией Autodesk.

Кроме этого, программа поддерживает запись и чтение (посредством процедур импорта/экспорта) файлов, формата 3DS, DGN, SAT и некоторых других. Начиная с версии 2012, AutoCAD позволяет преобразовывать файлы, полученные из трёхмерных САПР (таких как [Inventor](#), [SolidWorks](#), [CATIA](#), [NX](#) и т. п.) в формат DWG.

10. История версий AutoCAD

Официальное название	Версия	Релиз	Дата выпуска	Примечания
AutoCADVersion 1.0	1.0	1	декабрь 1982	Представлен формат DWG R1.0
AutoCADVersion 1.2	1.2	2	апрель 1983	Представлен формат DWG R1.2
AutoCADVersion 1.3	1.3	3	август 1983	
AutoCADVersion 1.4	1.4	4	октябрь 1983	Представлен формат DWG R1.4
AutoCADVersion 2.0	2.0	5	октябрь 1984	Представлен формат DWG R2.05
AutoCADVersion 2.1	2.1	6	май 1985	Представлен формат DWG R2.1
AutoCADVersion 2.5	2.5	7	июнь 1986	Представлен формат DWG R2.5
AutoCADVersion 2.6	2.6	8	апрель 1987	Представлен формат DWG R2.6; последняя версия, работающая без математического сопроцессора.
AutoCADRelease 9		9	сентябрь 1987	Представлен формат DWG R9

AutoCADRelease 10		10	октябрь 1988	Представлен формат DWG R10
AutoCADRelease 11		11	октябрь 1990	Представлен формат DWG R11
AutoCADRelease 12		12	июнь 1992	Представлен формат DWG R11/12
AutoCADRelease 13		13	ноябрь1994	Представлен формат DWG R13; последний релиз для Unix, MS-DOS и Windows 3.11
AutoCADRelease 14		14	февраль 1997	Представлен формат DWG R14.
AutoCAD 2000	15.0	15	март 1999	Представлен формат DWG 2000. Многодокументный интерфейс. Новые возможности трёхмерного моделирования. Среда разработки VisualLisp.
AutoCAD 2000i	15.1	16	июль 2000	Поддержка Windows XP.
AutoCAD 2002	15.6	17	июнь 2001	Ассоциативные размеры. Новые команды для работы с текстом и слоями.
AutoCAD 2004	16.0	18	март 2003	Представлен формат DWG 2004. Интерфейс в стиле Windows XP. Добавлены инструментальные палитры.
AutoCAD 2005	16.1	19	март 2004	Диспетчер подшивок. Добавлены таблицы.
AutoCAD 2006	16.2	20	март 2005	Динамические блоки, динамический ввод.
AutoCAD 2007	17.0	21	март 2006	Представлен формат DWG 2007. Полностью новые инструменты трехмерного моделирования и визуализации. Внедрена система рендеринга mentalray.
AutoCAD 2008	17.1	22	март 2007	Первый релиз, доступный для 32- и 64-битных версий Windows XP и Vista. Добавлены аннотативные объекты.
AutoCAD 2009	17.2	23	март 2008	Пользовательский интерфейс на основе ленты . Добавлены ActionMacros

AutoCAD 2010	18.0	24	март 2009	Представлен формат DWG 2010. Поддержка Windows 7. Добавлены инструменты полигонального моделирования (meshmodeling) и возможность двумерной параметризации.
AutoCAD 2011	18.1	25	март 2010	Новые инструменты поверхностного моделирования. 15 октября 2010 года выпущена первая за восемнадцать лет версия для OS X ^[30] .
AutoCAD 2012	18.2	26	март 2011	Динамические массивы, ModelDocumentation
AutoCAD 2013	19.0	27	март 2012	Представлен формат DWG 2013. Ассоциативные массивы, Autodesk 360
AutoCAD 2014	19.1	28	март 2013	Динамическая связь с картографическими данными (GeoLocation API), JavaScript API
AutoCAD 2015	20.0	29	март 2014	Сглаживание (anti-aliasing) линий, поддержка Windows 8.1, новый визуальный стиль