

Семенова Анна Юрьевна,

старший преподаватель,

кафедра РК1 «Инженерная графика»

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)»,

г. Москва, Россия

САПР КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА-КОНСТРУКТОРА

Даны некоторые рекомендации инженеру-конструктору в выборе и применении САПР в строительном и машиностроительном проектировании. Проведено структурирование САПР, их краткий обзор на примере двух представителей систем для каждого уровня сложности и возможности решения поставленных задач. При этом САПР верхнего уровня будет упомянут кратко, т.к. это большая тема для отдельной статьи. В статье не будут рассматриваться САМ-системы как отдельные программные продукты. Они являются инструментом инженеров-технологов. В них в основном заложена технологическая компонента обработки материалов (при небольшом наборе инструментов чертежной графики).

Ключевые слова: САПР, проектирование, моделирование, чертеж, строительство, машиностроение.

A.Yu. Semenova,

Senior Lecturer,

Department RK1 «Engineering graphics»,

FSBI of HE «Bauman Moscow state technical university»,

Moscow, Russia

CAD AS A TOOL FOR THE MODERN DESIGN ENGINEER

Some recommendations are given to the engineer-developer in the selection and application of CAD in the construction and engineering design. CAD structuring is carried out, their brief review on the example of two representatives of systems for each level of complexity and the possibility of solving problems. At the same time, the top-level CAD will be mentioned briefly, as this is a big topic for a separate article. The article will not be considered CAM-systems as separate software products. They are a tool of process engineers. They are mainly laid technological component of material processing (with a small set of drawing graphics tools).

Keywords: CAD, design, modeling, drawing, construction, mechanical engineering.

Термин «САПР» на английский язык переводится аббревиатурой CAD (англ. *computer-aided design*), что подразумевает использование компьютерных технологий в проектировании. Однако в ГОСТ 15971-90 это словосочетание приводится как стандартизированный англоязычный эквивалент термина «автоматизированное проектирование». Термин CAD не является полным эквивалентом САПР как организационно-технической системы. САПР – это «система автоматизированного проектирования» и является более широким по охвату решаемых задач и функций, а CAD – это лишь часть САПР, предназначенная в основном для автоматизации двумерного и/или трехмерного проектирования, создания технологической и/или конструкторской документации. Инженеру (конструктору, строителю, технологу и т.д.), как современному специалисту, необходимо быть конкурентоспособным профессионалом. Для этого нужно постоянно совершенствовать свои профессиональные навыки, изучать отечественные и мировые наработки. К таким наработкам, в частности, относятся современные САПР продукты.

Функции CAD/САПР-систем в частности делятся на двумерное (2D) и трехмерное (3D) проектирование. К функциям 2D относятся компьютерное черчение, оформление конструкторской и другой документации; к функциям 3D относятся получение трехмерных геометрических моделей, реалистичная визуализация, метрические расчеты, взаимное преобразование 3D- и 2D-моделей и т.д. В ряде систем предусмотрено также выполнение процедур, известных как процедуры позиционирования. Это проведение соединительных трасс, компоновка, размещение оборудования. Также нельзя не сказать про возможность моделирования и передачи управляющих программ на обрабатывающие станки.

Инженерная компьютерная графика является основой подготовки специалистов во всех отраслях производства. Пространственный взгляд на задачу, обладание навыками использования систем САПР становится не просто

востребованным, а единственно возможным и правильным методом в профессиональной деятельности специалиста.

На сегодняшний день в помощь инженеру-конструктору существует множество САПР. Российские предприятия используют в основном чертежные 2D-системы, такие как: AutoCAD LT, T-FLEX CAD 2D, КОМПАС График; и 3D-системы: AutoCAD 3D, T-FLEX CAD 3D, SolidWorks, Autodesk Inventor, Лира, Компас-3D.

Вообще принято разделять САПР системы на три уровня: нижний, средний и верхний.

САПР двумерного проектирования – «2D-3D Нижний уровень». Эти САПР служат для выполнения почти всех работ с двумерными чертежами и имеют небольшой набор функций по трехмерному моделированию. С помощью этих систем выполняются порядка 90% всех работ по проектированию. Хотя имеющиеся ограничения делают их не всегда довольно удобными. Область их работы – создание чертежей отдельных деталей и сборок. Платой за возросшие возможности является усложнение интерфейса и меньшее удобство в работе. Характерные представители это сегмента – AutoCAD, ACADdy, CADMECH Desktop, OmniCAD, Компас-График.

САПР объемного моделирования «3D Средний уровень». По своим возможностям они полностью охватывают САПР нижнего уровня, а также позволяют работать со сборками. По некоторым параметрам они уже не уступают САПР верхнего уровня, а в удобстве работы даже превосходят их. Обязательным условием является наличие функции обмена данными (или интеграции). Это не просто программы, а программные комплексы, в частности, – это SolidWorks, SolidEdge, ArchiCad, Cimatron, Form-Z, Autodesk Inventor, CAD SolidMaster, Mechanical Desktop, DesignSpace, Компас-3D.

САПР объемного моделирования «3D Верхний уровень». Эти системы применяются для решения наиболее трудоемких задач – моделирования поведения сложных механических систем в реальном масштабе времени, оптимизирующих расчётов с визуализацией результатов, расчётов

температурных полей и теплообмена и т.д. Обычно в состав системы входят как чисто графические, так и модули для проведения моделирования и расчётов, постпроцессоры для станков с ЧПУ. К сожалению, эти самые мощные САПР наиболее громоздки и сложны в работе, а также имеют значительную стоимость. Примерами «тяжелых» САПР могут служить такие продукты, как ADAMS, ANSYS, CATIA, EUCLID3, Pro/ENGINEER, NX (ранее UniGraphics), Tekla Structures.

Уровень сложности современных проектных работ в последние годы сильно возрос. Возросли и требования к качеству проектирования. Рассмотрим достоинства и слабые места наиболее часто используемых в процессе производства программных продуктов. Естественно, все программные решения охватить невозможно, т.к. на рынок постоянно выходят новые решения, ориентированные на более мощные вычислительные системы, а некоторые старые постепенно уходят, не выдержав конкуренции. Имеющиеся продукты проходят постоянное обновление и улучшение, обзаводятся новыми функциями и возможностями.

Нижний уровень – так называемый «Лёгкий САПР» на примере AutoCAD и Компас-График.

AutoCAD. Если охарактеризовать программу двумя словами, то это «электронный кульман», а не САПР. Но при этом AutoCAD хорош в первую очередь тем, что в нём просто и понятно заложены принципы создания чертежей в электронном виде. Кто их понял – тот без труда может перейти на другие платформы. Также подкупает универсальность AutoCAD, когда один определённый результат может быть достигнут несколькими путями: либо цепочкой простых действий, совершенных пользователями категории «начинающий», либо одной или двумя сложными командами от продвинутых пользователей. Программа AutoCAD используется во многих вузах как начальный этап освоения компьютерной графики.

Широкое распространение AutoCAD в мире обусловлено не в последнюю очередь развитыми средствами разработки и адаптации, которые позволяют

настроить систему под задачи конкретных пользователей и значительно увеличить функциональность базовой системы. Большой набор встроенных инструментальных средств для разработки приложений делает базовую версию AutoCAD универсальной платформой для разработки своих приложений. На базе AutoCAD самой компанией Autodesk и сторонними производителями создано большое количество специализированных прикладных приложений, таких как AutoCAD Mechanical, AutoCAD Electrical, AutoCAD Architecture, GeoniCS, Promis-e, PLANT-4D, AutoPLANT, СПДС GraphiCS, MechaniCS, GEOBRIDGE, САПР ЛЭП, Rubius Electric Suite и других. Тем не менее, следует отметить, что отсутствие трёхмерной параметризации не позволяет AutoCAD напрямую конкурировать с машиностроительными САПР среднего уровня, такими как Autodesk Inventor, SolidWorks и другими.

КОМПАС-График. Этот программный продукт позволяет в быстром режиме выпускать чертежи изделий, спецификации, схемы, таблицы, инструкции, различные текстовые документы и многое другое. КОМПАС-График может выступать как интегрированный модуль КОМПАС-3D для работы с чертежами и эскизами, так и как самостоятельный программный продукт. Система КОМПАС-График предоставляет широчайшие возможности автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях промышленности. Он успешно используется при проектно-строительных работах, в машиностроительном проектировании, составлении различных планов и схем. Гибкость настройки системы и большое количество приложений и прикладных библиотек для КОМПАС-График позволяют охватить практически все несложные задачи пользователя, связанные с выпуском технической документации. Система изначально ориентирована на полную поддержку стандартов ЕСКД. При этом она обладает возможностью гибкой настройки на стандарты конкретного предприятия. Таким образом, можно утверждать, что в принципе это не САПР, а такой же, как и AutoCAD, «электронный кульман» с широким спектром возможностей.

И AutoCAD, и Компас-График представляют собой хорошее решение для автоматизирования процесса создания несложных чертежей деталей и сборок. Как показывает практика, эти программные продукты довольно просты для изучения. Сложных задач не решите, но для небольших и нетрудоёмких проектов это то, что нужно. Основной минус – это отсутствие возможности автоматического (не путать с автоматизированным) создания чертежей (с видами, разрезами, развертками и т.д.) деталей, сборок, ведомостей, монтажных схем по 3D модели проекта.

Средний уровень – так называемый «Средний САПР». Современные САПР среднего уровня приблизительно близки по функционалу и инструментарию. Возможно, основное отличие в подходе и концепции. Спор о том, какая программа лучше – это спор между владельцами Canon и Nikon: чей фотоаппарат лучше. Конечному пользователю-инженеру, по сути, не так важно, с чем работать: плотно посидев месяц на одном программном продукте, всё равно привыкаешь к его функционалу и интерфейсу. Но тут начинают работать объективные причины за тот или иной САПР. Так какая программа лучше – SolidWorks (SW) или Autodesk Inventor (AI)? В целом AI в 2D сильнее, но в остальном слабее, чем SW функционально. SW в 3D несколько удобнее и мощнее. Хочется отметить хорошую гибкость скетча (чертеж-эскиз) в SW, возможности его привязки, а особенно привязки к элементам, лежащим в других плоскостях (без проецирования). Но интерфейсно скетч в AI выглядит лучше, кажется, что он несколько побыстрее, особенно задание размеров и уравнений. Недостатком AI является потеря внешних привязок при смене плоскости эскиза. В SW в этом плане все хорошо. Также преимуществом SW является наличие многотельных деталей.

Но, если не касаться поверхностного моделирования, разница в 3D между ними не такая уж большая. Самой серьёзной болезнью AI остаётся невозможность ассоциативно проецировать элементы других эскизов (эскизов других деталей и сборки) в среде эскиза. Что касается чертежей, то несмотря на несколько бóльшую скорость, характерную для SW в целом, работы по

созданию чертежей в АІ более логичны, организованы и понятны конструктору. Что касается интерфейса и организации работы, то тут однозначно лучше АІ. Листовые детали – слабое место АІ. АІ подходит только для создания несложных коробок-корпусов. Но для этой задачи он весьма хорош. В большинстве случаев для машиностроения и приборостроения этого достаточно. Но хотелось бы видеть больше. По библиотекам и различным мастерам создания нормализованных узлов АІ опережает значительно. По простоте использования, интуитивности интерфейса, понятности и логичности при работе АІ – впереди. Также можно отметить, что АІ менее требователен к вычислительным ресурсам.

Оформление чертежей в обеих программах автоматическое, удобное, классическое, на уровне ЕСКД. SW также используется для моделирования и передачи данных в нужных форматах на обрабатывающие ЧПУ центры, в АІ эта тема не сильно раскрыта. Хотя с применением специальных САМ систем (Inventor HSM Express для 2D и Inventor HSM для 3D), с возможностью их полной интеграции с АІ, реалии существенно повышаются. И так, SW незначительно лучше, чем АІ для 3D проектирования, эта программа более стабильная, много симуляторов, есть встроенный прочностной расчетный модуль, встроенный САМ модуль. Имеет «потолок», достаточно высокий, но он есть. АІ – 2D помощнее и удобнее, чем в SW, более дружелюбный интерфейс, программа несколько сложнее в освоении, присутствует связка с ЧПУ (подключение дополнительного САМ модуля), возможны прочностные расчёты, есть различные мастера и библиотеки нормализованных узлов, но перспективы развития программы как САПР несколько сильнее.

Верхний уровень – так называемый «Тяжелый САПР». Такие системы – полнофункциональные системы автоматизации проектно-конструкторской и технологической подготовки производства. Они предназначены для черчения, двумерного и трехмерного геометрического, поверхностного и твердотельного моделирования (включая моделирование сложных поверхностей), поэлементного проектирования и проектирования с комплексной увязкой

параметров. Они имеют встроенные подсистемы инженерного анализа (CAE), прочностные расчеты, подсистемы подготовки программ для станков с ЧПУ и многие другие специализированные средства разработки. С их помощью можно создавать очень сложные и большие сборки, состоящие из десятков тысяч деталей. Кроме того, они интегрированы с подсистемой управления инженерными данными (PDM), способной охватить целое предприятие, включая поставщиков и партнеров, а также поддерживать работу с данными, поступающими из других CAD/CAM. Данными программными комплексами самому овладеть практически нереально. Необходимо длительное и кропотливое обучение, прежде чем у пользователей начнет получаться что-то осмысленное. В полной мере данными продуктами (всеми предоставляемыми возможностями) не владеет никто, т.к. такое огромное количество возможных решаемых задач в самых разных областях проектирования не нужно одному человеку. Каждый пользуется своим рабочим инструментом в зависимости от специализации и продвинутости. А коллективно уже можно приблизиться к более-менее полному количественному и качественному освоению тяжёлого САПР для использования его максимальных возможностей.

Tekla Structures. Один из наиболее серьезных архитектурных строительных проектов был реализован с применением Tekla Structures и Tekla Viewpoint в токийском районе Сумидаку – это самая высокая в мире (634 м) телекоммуникационная башня «Небесное дерево» (второе по высоте сооружение в мире после «Бурдж-Халифа»). Работы по проектированию начались в 2005 году, а к осени 2006-го основной проект был представлен генеральным подрядчиком – корпорацией Obayashi и архитекторами компании Nikken Sekkei. К 2012 году сооружение башни было завершено. Также с использованием Tekla Structures построены олимпийский стадион «Фишт» в Сочи, аэропорт «Внуково» в Москве и многое другое.

Программное обеспечение Tekla Structures помогает создать эффективный механизм передачи информации между участниками строительного процесса: инженеры, архитекторы и подрядчики могут

обмениваться проектной информацией и согласовывать её. Благодаря открытому подходу к BIM (Информационное Моделирование Зданий) технологиям и соответствию стандартам IFC, Tekla Structures может обмениваться данными с основными архитектурно-строительными САПР, программным обеспечением для проектирования инженерных сетей и промышленных объектов. Кроме того, Tekla Structures интегрируется с ведущими системами для управления строительством и программами для расчёта и проектирования строительных конструкций. Tekla Structures также можно связывать с приложениями для управления проектами, что дополнительно помогает пользователям понять и визуализировать истинный объем и контекст строк календарного графика, заказов материалов, заявлений на оплату и объектов, создаваемых другими участниками строительного проекта. Кроме того, сопоставление основных элементов информации, используемой в управлении проектом, с соответствующими объектами интеллектуальной модели даёт пользователям возможность создавать информационные панели для мониторинга хода проекта и строительства объекта в целом.

NX (ранее UniGraphics) – система автоматизированного проектирования от мирового лидера в разработке специализированного программного обеспечения Siemens PLM Software. NX значительно превосходит все другие САПР в вопросах промышленного дизайна, являясь ПОЛНЫМ решением для создания новых конкурентоспособных инновационных изделий. NX позволяет учитывать форму и функциональность изделия наравне с другими требованиями, выдвигаемыми в ходе подготовки производства. Широкие возможности анализа, визуализации, моделирования в NX обеспечивают разработчику полную свободу создания современного конкурентоспособного дизайна изделия. Гибкие средства проектирования базируются на надежной платформе, обеспечивающей однородность данных и ассоциативную связь компонентов изделия, и способствуют рождению инновационных идей. Дизайнерские и конструкторские службы получают все необходимые

инструменты для разработки стиля и конструкции изделия, а единая взаимосвязанная система гарантирует легкий переход между этапами жизненного цикла изделия от идеи разработки до запуска в производство. Итак, по поводу NX кратко: эта САПР обладает мощнейшими функциональными инструментами для машиностроительной, аэрокосмической, судостроительной и др. отраслей промышленности, интегрируя ВСЕ аспекты процессов «от проектирования до производства» в единое высокотехнологичное решение. NX построен на открытой технологии и поэтому предлагает неограниченные возможности для достижения максимальной производительности на всех этапах создания изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинер Э.М. САПР конструктора машиностроителя / Э.М. Берлинер. – М.: Форум, 2018. – 288 с.
2. Герасимов А.А. Автоматизация работы в КОМПАС-График / А.А. Герасимов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 608 с.
3. Гончаров П.С. NX для конструктора-машиностроителя/ П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков и др. – М.: ИД ДМК Пресс, 2015. – 504 с.
4. Дударева Н.Ю. Solidworks. Оформление проектной документации / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 384 с.
5. Жарков Н.В. AutoCAD 2015: Полное руководство / Н.В. Жарков, Р.Г. Прокди, М.В. Финков. – СПб.: Наука и Техника, 2015. – 604 с.
6. Концевич В.Г. Твердотельное моделирование в Autodesk Inventor / В.Г. Концевич. – М.: ДиаСофтЮП, 2008. – 672 с.
7. Храпкин П.Л. Проектирование с Tekla / П.Л. Храпкин. – СПб.: САПР и графика, 2014. – № 6.
8. ГОСТ 15971-90. Системы обработки информации. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 13 с.