

УДК 658.512.26

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Митрофанов А.Н.

Бакалавр,

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых*

Владимир, Россия

Аннотация

Применение систем автоматизированного проектирования (САПР) имеет важную роль в современных машиностроительных предприятиях при проектировании любого вида изделия. Достаточно затруднительно провести необходимые расчёты и тесты, подготовить всю необходимую документацию, не прибегая к использованию САПР. В настоящее время на рынке существует множество различных вариаций ПО данного вида, что вызывает затруднения при выборе САПР, поскольку каждое из них имеет свои положительные и отрицательные стороны. В данной статье приводится разрешение данного актуального вопроса путём сравнения двух систем – КОМПАС 3-D v.18.1 и SOLIDWORKS 2016 – по нескольким критериям, и даётся обоснование выбора каждого из представленных САПР для решения различных инженерных задач, в зависимости от требований производства.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, САПР, CAD, CAE, машиностроение, конструирование, инженерный анализ, КОМПАС, SOLIDWORKS, выбор САПР.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS FOR ENGINEERING PRODUCTS

Mitrofanov A. N.

Student,

Vladimir state University named after Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletov

Vladimir, Russia

Annotation

The use of computer-aided technologies (CAx) systems plays an important role in modern engineering enterprises when designing any type of product. It is quite difficult to carry out the necessary calculations and tests, to prepare all the necessary documentation, without resorting to the use of CAx. Currently, there are many different variations of this type of SOFTWARE on the market, which causes difficulties when choosing CAD, since each of them has its own positive and negative sides. This article provides a solution to this topical issue by comparing two systems – Компас 3–D v.18.1 and SOLIDWORKS 2016 – according to several criteria, and provides a justification for choosing each of the presented CAx systems for solving various engineering problems, depending on production requirements.

Keywords: computer-aided design systems, CAx, CAD, CAE, mechanical engineering, design, engineering analysis, КОМПАС, SOLIDWORKS, choice of CAx.

При проектировании изделий в области машиностроения выбор САПР является одной из важнейших задач, поскольку от этого выбора напрямую зависит качество, стоимость и время создания конкурентоспособной продукции. На данный момент существует ограниченное количество источников статей и

методик, которые в полной мере могут предложить системный подход к выбору САПР, учитывая специфику каждого ПО. Большинство из них ограничивается описанием каждой системы, выделением её плюсов и минусов, не сопоставляя её с остальными САПР. В данной статье проводится параллельное сравнение КОМПАС 3–D v.18.1 и SOLIDWORKS 2016, что позволяет объективно выделить преимущества и недостатки одной системы перед другой по каждому пункту сравнения, и даёт практическое представление о сущности выбора САПР при нескольких вариантах.

Чтобы систематизировать информацию, определим изначальные критерии, по которым будем сопоставлять выбранные нами САПР:

1. Сфера использования
2. Удобство при работе
3. Возможности для анализа
4. Дополнительные функции
5. Стоимость

1. Сфера использования КОМПАС 3–D v.18.1 достаточно велика. Несмотря на то, что мы рассматриваем САПР в контексте проектирования машиностроительных изделий, стоит отметить и то, что “Компас” имеет специализированные модули, позволяющие работать в сфере архитектуры и приборостроения. В машиностроении же данный САПР обладает всеми стандартными функциями, позволяя работать с чертежами, каркасными, поверхностными и твердотельными моделями, сборками, производить некоторые САЕ расчёты, создавать параметрические модели [3]. Возможно и построение техпроцесса токарных и фрезерных обработок с помощью САМ модулей [1]. При работе над крупными проектами возможно привлечение системы ЛОЦМАН:PLM, систематизирующей данные о проектируемом изделии

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

и позволяющей вести работу над одним проектом сразу несколькими специалистами. Все эти функции в совокупности дают возможность применения КОМПАС 3-D в широком диапазоне сфер деятельности.

SOLIDWORKS 2016 обладает всеми функциями КОМПАС 3-D v.18.1, но имеет несколько существенных преимуществ. Основное из них - получение более точных математических моделей и глубокая система параметрического моделирования. В “Компасе” размер может ссылаться на одну или несколько переменных и, производя необходимые вычисления, изменяться в зависимости от переменных, SolidWorks же имеет множество математических операторов, позволяющих считать углы через различные функции, округлять значения размеров, а также устанавливать условия, при которых будут отображаться те или иные элементы модели и т.д. Для представления результатов проекта возможно создание фотореалистичного изображения или продвинутой анимации. За счёт дополнительных сторонних модулей от различных компаний, SOLIDWORKS 2016 может использоваться как в общем машиностроении, так и в более узконаправленных отраслях.

2. Удобство программы КОМПАС 3-D v.18.1 заключается в работе с эскизами – построение фигур на плоскости понятно, функционал позволяет создавать и редактировать контуры, геометрия которых точно не определена. Так же возможно отдельное создание нескольких сложных фигур с последующим объединением в одну с помощью функции “копировать”. Копия привязывается к определённой точке, выбираемой пользователем, что является значительным плюсом, по сравнению с SOLIDWORKS 2016, где в эскизе необходимо чётко указывать размеры и зависимости между объектами. Если же нужно воссоздать эскиз с определёнными взаимосвязями между его элементами, возможно нанесение ограничений на эти элементы, таких как перпендикулярность, параллельность, касание, совпадение и т.д. Работа со

сборками и чертежами так же является сильной стороной КОМПАС 3–D v.18.1, поскольку являясь отечественным ПО, он имеет в своей библиотеке стандартных элементов комплектующие по ГОСТ, которые при добавлении их в сборку автоматически добавляются и в спецификацию в нужный раздел, сводя к минимуму составление необходимой конструкторской документации [5]. Работа с чертежами интуитивно понятна, а доступные функции позволяют отразить все необходимые характеристики изделия, на которое составляется документация, начиная от показания разрезов и проставления допусков, до выведения таблиц параметров зубчатых колёс.

SOLIDWORKS 2016 в плане составления документации значительно уступает ”Компасу”, поскольку в нём нельзя так же свободно редактировать геометрию на плоскости, и отсутствуют необходимые шрифты по ГОСТ, которые необходимо устанавливать дополнительно. Однако созданные трёхмерные модели можно редактировать, не переходя в эскиз, так как все нанесённые в них размеры можно отобразить и редактировать в контексте модели. Это значительно упрощает изменение размеров отдельных элементов модели, поскольку отпадает необходимость поиска соответствующего элемента в дереве модели. Также SOLIDWORKS 2016 достаточно гибок для пространственного моделирования, когда линия или сплайн чертится не в плоскости, а в пространстве. Сложные трёхмерные фигуры легче получить в SolidWorks, чем в “Компасе” [2].

Стоит так же отметить, что в обеих САПР предусмотрена возможность проектирование “сверху–вниз”, что наиболее предпочтительно при создании новых изделий.

3. В области анализа изделий КОМПАС 3–D v.18.1 обладает ограниченным функционалом, поскольку все дополнительные модули создаются самой компанией АСКОН. На данный момент существуют модули “APM FEM”,

“Универсальный механизм Express” и “KompasFlow”. Первый позволяет проводить прочностной анализ – находить напряжения, перемещения, деформации, реакции в опорах и т.д. Второй рассчитывает кинематические и динамические параметры сборок, определяя положение тел, скорости, ускорения, реакции в шарнирах, пружинах и т.д. В третьем проводится расчёт течений жидкостей и газов, теплообмен, но данный модуль появился лишь в 18 версии САПР, отчего позволяет провести лишь первичную оценку, не претендуя на высокоточные результаты. Так же возможно определение объёма, моментов инерции и массы тела, исходя из его геометрии и материала без включения дополнительных модулей.

В SOLIDWORKS 2016 благодаря дополнительным модулям, таким как SolidWorks Motion, SolidWorks Flow Simulation и SolidWorks Simulation, можно решать задачи разной сложности. В частности, с помощью SolidWorks Motion можно определять кинематические и динамические характеристики сборок как на плоскости, с помощью расположения блоков, так и в контексте сборки деталей. Данный модуль удобен тем, что можно задать между несколькими деталями контакт твёрдых тел, вследствие чего не придётся накладывать дополнительные взаимосвязи. SolidWorks Flow Simulation предназначен для исследования течений жидкостей и газов. Вариация настроек достаточно велика, помимо задания конечных условий и установки вентиляторов, возможно создание области вращения и анализа поведения потоков внутри сборки. SolidWorks Simulation представляет из себя внушительный инструмент для прочностного анализа различных конструкций, главное его отличие от версии из “Компаса” – возможность утачки сетки в местах конструкции, где необходима наибольшая точность. Все эти модули работают в среде стандартного интерфейса SOLIDWORKS 2016, благодаря чему не придётся использовать стороннее ПО для вывода результатов исследований.

4. Так как КОМПАС 3-D v.18.1 является САПР, ориентированным в большей степени на конструкторов, дополнительные модули будут облегчать проектирование приводов и оснастки. Значительно упрощает процесс конструирования библиотека электронных двигателей, содержащая технические характеристики моторов, а также их габаритные и присоединительные размеры. Одним из наиболее важных является модуль “Валы и оси”, позволяющий работать как с чертежами, так и с моделями [4]. В контексте создания чертежа, вал формируется постепенно, с заданием длины и диаметра каждой ступени и нанесением на неё определённых элементов (фасок, пазов, скруглений, канавок, элементов зубчатых передач и т.д.). Размеры и допуски ставятся автоматически, что исключает ошибки, если бы они проставлялись вручную, но можно изменить выставляемый квалитет, что приведёт к простановке других допусков. Так же по желанию пользователя может быть сформирована таблица данных или вычерчен профиль для шкива или зубчатого элемента, проставлены технические требования. Наибольшую важность в этом разделе имеет функция расчёта зубчатых зацеплений, позволяющих синтезировать различные варианты колёс и шестерёнок, добиваясь требуемых показателей, которые просчитываются программой. По созданным на чертеже деталям может быть сгенерирована 3-D модель, полностью соответствующая исходному чертежу. В контексте создания детали, может быть получен тот или иной интересующий элемент (шкив, зубчатое колесо, паз, резьба и т.д.) непосредственно на детали. В этом случае наличие чертежа в программе не требуется. Пример использования данного модуля приведен на авторском рисунке 1. Существуют так же модули для расчёта пружин, подшипников, создания анимации и т.д.

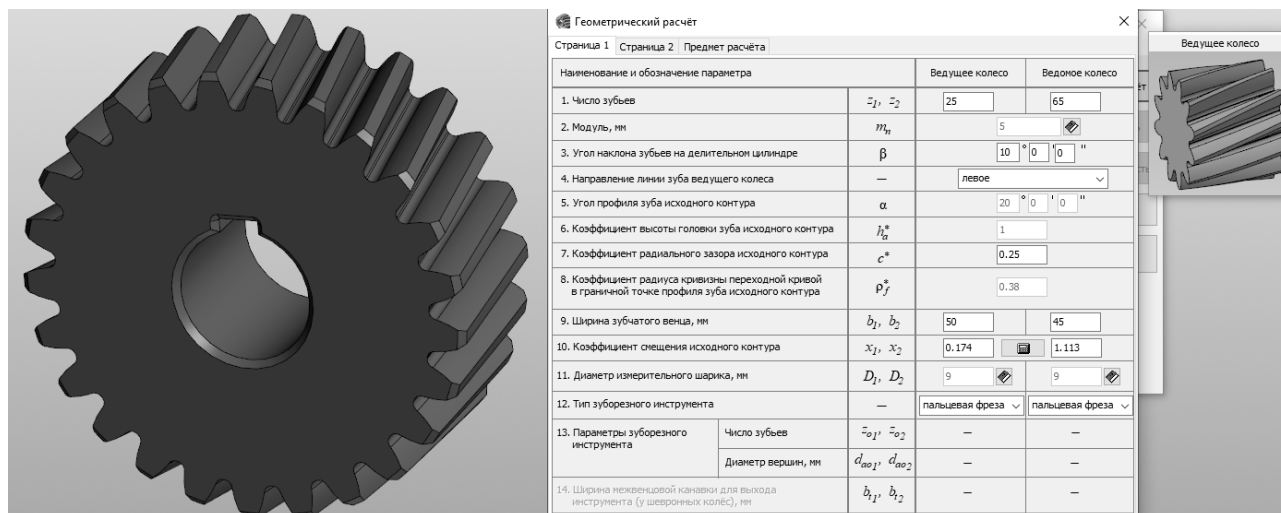


Рис.1 – Модель косозубой шестерни (слева) и меню расчёта зубчатого зацепления (справа)

Являясь продуктом компании Dassault Systemes SOLIDWORKS 2016 помимо вышеназванных добавлений для CAE анализа поддерживает различные сторонние ПО, а так же имеет открытый код, что подразумевает возможность создания новых модулей или макросов самими пользователями SolidWorks. Сюда входят модули для решения многих задач, например: анализа электростатического, электромагнитного и магнитостатического полей (ElectroMagneticWorks), конструирования поверхности пуансонов и матриц пресс-форм (IMOLD), создания управляющих программ для фрезерной, токарно-фрезерной, проволочной эрозионной обработки (CAMWorks) и т.д. Важно уточнить, что данные модули не поставляются вместе со стандартным пакетом SOLIDWORKS 2016, а покупаются отдельно, что необходимо учитывать при выборе САПР для конкретного вида деятельности. Количество сторонних модулей достаточно велико, отчего перечислять их все достаточно долго, но можно утверждать, что в любой узконаправленной отрасли машиностроения найдётся модуль для SolidWorks, позволяющий успешно решать инженерные и производственные задачи.

5. Как правило, стоимость САПР напрямую зависит от её функционала, который увеличивается с выходом новой версии. Подчеркнём, что при написании статьи использовались версии КОМПАС 3-D v.18.1 и SOLIDWORKS 2016, цены же отображают среднюю стоимость SOLIDWORKS 2017-2019 (табл.1) и КОМПАС 3-D v.18–20 (табл.2).

Таблица 1 – Стоимость некоторых версий САПР SOLIDWORKS

Версия SOLIDWORKS	Стоимость
SOLIDWORKS Standard	374 000.00 руб.
SOLIDWORKS Standard Network	411 400.00 руб.
SOLIDWORKS Network Installation Fee	280 000.00 руб.
Upgrade SOLIDWORKS Standard to SOLIDWORKS Professional	125 000.00 руб.
Upgrade SOLIDWORKS Standard to SOLIDWORKS Premium	312 000.00 руб.

Заметим, что в таблице 1 приведены цены на те продукты, которые приобретаются навсегда, а не на определённый срок. “Upgrade” версии закупаются дополнительно и ставятся поверх имеющихся стандартных САПР SOLIDWORKS. В стандартный пакет SOLIDWORKS входит и приложение для инженерного анализа SOLIDWORKS Simulation. Стоимость дополнительных модулей не указана в данной таблице, поскольку все они имеют ограниченное применение.

При составлении таблицы 2 учитываем, что без дополнительных приложений стандартная версия “Компаса” представляет из себя САПР для создания моделей, сборок и документации к изделиям, инженерный анализ нельзя провести без покупки дополнительных модулей, поэтому в таблице стоимости укажем так же цену на некоторые модули.

Таблица 2 – Стоимость некоторых версий САПР КОМПАС

Версия КОМПАС	Стоимость
Базовая лицензия	146 000 руб.
Лицензия с пакетом обновлений до v20	169 000 руб.

Механика	219 000 руб.
Механика-Плюс	289 000 руб.
Оборудование	254 000 руб.
Оборудование-Плюс	323 000 руб.
Приборостроение	163 000 руб.
Приборостроение-Плюс	222 000 руб.
Стандартные изделия и материалы для Компас v19	115 200 руб.
Универсальный механизм Express Кинематический и динамический анализ (модуль)	19 000 руб.
Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка	58 000 руб.
Модуль ЧПУ. Токарная обработка	58 000 руб.
Валы и механические передачи 3D (модуль)	60 000 руб.
Каталог: Электродвигатели (модуль)	8 000 руб.

Как видно из таблиц 1 и 2, покупка последней версии “Компаса” обойдётся меньше покупки аналогичной версии SOLIDWORKS, даже если учесть установку дополнительных модулей, расширяющих функционал программы. Связано это с тем, что SOLIDWORKS является более универсальным САПР для решения задач разного типа, в то время как КОМПАС 3–D имеет ограниченное применение, хотя и улучшается с каждой новой версией.

Можно заключить, что как у КОМПАС 3–D, так и у SOLIDWORKS, есть свои слабые и сильные стороны, поэтому отдавать предпочтение тому или иному САПР нужно исходя из условий решаемых задач. Например, КОМПАС 3–D отлично подойдёт для российских предприятий, на которых выпускается однотипная продукция и существуют определённые методики для оценки надёжности данных изделий, что позволяет не тратиться на дорогостоящие САПР для инженерного анализа. В то же время, на данных предприятиях превалирует массовое производство, что подразумевает необходимость в ведении большого количества документации, а удобство составления документации является одной из самых сильных сторон КОМПАС 3–D. Для предприятий, проектирующих и

создающих новые механизмы и устройства в любой сфере деятельности, предпочтительнее выбирать SOLIDWORKS, поскольку предоставляемый им инструментарий позволяет анализировать изделие уже на ранних этапах проектирования и своевременно принимать решения, исключая многие ошибки, а многочисленные модули дают возможность настройки САПР SOLIDWORKS под конкретное производство, что повышает производительность труда и качество выполняемых работ. Поскольку у каждого САПР есть свои особенности, проявляющиеся при проектировании различных изделий, невозможно выбрать одно единственное ПО, одинаково хорошо справляющееся со всеми возлагаемыми на него задачами.

Библиографический список:

1. Кузнецов В.А. моделирование контакта инструмента с деталью при обработке выглаживанием в программной среде компас 3Д / В.А. Кузнецов, Д.А. Сазонов, А.В. Смирнов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2011. – №2. – С.144–149.
2. Лебедев А. В. Совершенствование проектирования технологической оснастки с использованием информационных технологий / А.В Лебедев., М.В. Гришин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16. – 2014. – №1(5). – С.1456–1462.
3. Решетникова Е.С. Геометрическое моделирование и разработка пользовательских библиотек при проектировании объектов машиностроения / Е.С. Решетникова, И.А. Савельева, Е.А. Свистунова // Программные системы и вычислительные методы. –2020. – №1.
4. Синенко Е.Г. О расчете колес эпициклического планетарного редуктора / Е.Г. Синенко, В.И. Кулешов, В.В. Карпенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – №2 (34).
5. Французова Ю.В. Автоматизированная система технического контроля конструкторской документации / Ю.В. Французова, А.Г. Трошина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017.

Оригинальность 92%