

САПР И КАК ИХ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Казанцев В.А.¹, Казанцева О.А.², Сонвальд К.Я.³

¹НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 4БМ33,

e-mail: vak29@tpu.ru,

²НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 4БМ33,

e-mail: oap10@tpu.ru,

³НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 4БМ33,

e-mail: kys15@tpu.ru

Целью данной статьи является краткий функциональный обзор систем автоматизированного проектирования (САПР), описание решаемых ими задач, способов оптимизации производственного процесса, а также выявление направления развития для производств, находящихся на разных этапах технологической эволюции.

В настоящее время использование САПР является неотъемлемым элементом для любого промышленного производства. При этом руководящий состав не всех компаний и предприятий понимает возможности САПР, целесообразность и методы их использования, а также направление развития компании в сфере автоматизации. В данной статье рассмотрены основные направления применения и возможности САПР.

Системы автоматизированного проектирования подразумевают под собой автоматизацию всех процессов и в полной мере на всех этапах жизненного цикла изделия, поэтому некорректно сравнивать их с Computer-aided design (CAD), Computer-aided manufacturing (CAM) или Computer-aided engineering (CAE) по отдельности, так как эти и другие системы входят в САПР.

Функционально САПР начинается с построения бизнес-процесса и жизненного цикла изделия. В этом предприятиям помогают системы WorkFlow, позволяющие оптимизировать определенные рабочие процессы, являющиеся по отдельности частями бизнес-процесса и Business Process Management System (BPMS), системы реализующие процессный подход к жизненному циклу изделия или продукта. Такие, более сложные системы подходят для средних и крупных предприятий.

САПР также продолжает существовать в рамках создания электронной структуры изделия при помощи систем Product Data Management (PDM), такие системы помогают создавать представление изделия в виде иерархии его составных частей, являются базой данных об изделии, позволяют осуществлять обмен и менеджмент файлов связанных с разработкой, производством, эксплуатацией и утилизацией изделия, или при помощи систем Product Lifecycle Management (PLM), которые позволяют управлять инженерными данными и всем жизненным циклом изделия, в том числе PLM системы затрагивают календарное планирование.

Полностью автоматизированных и отлаженных производств почти не бывает. Даже развитые компании в развитых странах имеют заметные минусы системы, вынуждающие пользователей подстраиваться под нее. Полностью автоматизировать на данный момент можно только что-то стандартное и серийное.

Самое распространенное направление автоматизации – CAD системы. Такие системы классифицируются по назначению – приборостроение, машиностроение, строительство и др., по сложности изделий, по комплексности решаемых задач, а также по другим признакам, как и САПР в целом. CAD системы предназначены для разработки конструкторской документации всех видов, начиная от модели и заканчивая ведомостями закупки. В машиностроении самыми распространенными CAD системами являются AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, NX CAD, Creo Parametric и ПО российского разработчика – КОМПАС.

CAM системы используются для моделирования процессов обработки в станках с числовым программным управлением (ЧПУ), а также для создания программ по обработке заготовок. Распространенными зарубежными CAM системами являются: NX CAM, Mastercam, ESPRIT, SolidCAM, EdgeCAM, FeatureCAM и PowerMILL. Также существуют CAM системы отечественного производства, такие как СПРУТКАМ, ADEM CAM и др.

CAE – системы, которые используются для выполнения инженерных расчетов различных видов, например гидродинамические расчеты, прочностные, устойчивости, тепловые и многие другие, путем моделирования этих процессов. MSC Nastran, ABAQUS, NX Nastran, ANSYS, а также российские T-FLEX Анализ, APM FEM и другие.

Все вышеперечисленные определения имеют довольно размытый характер, и зачастую, продукты средств автоматизации, условно относящиеся к той или иной группе, являются их комбинацией. Так, существуют продукты, совмещающие в себе WorkFlow и BPMS; PDM и PLM; CAD и CAM; CAD и CAE; CAD, CAM и CAE и т. д.

Наиболее распространенными на современных производствах являются CAD и CAE продукты, таким образом с точки зрения оптимизации наибольший интерес представляют именно они.

CAD системы делятся в зависимости от назначения на системы с деревом построения такие как SolidWorks, Autodesk Inventor, NX CAD, КОМПАС, системы без дерева построения AutoCad, Rhinoceros 3D и системы объектного моделирования, направленные на решение отраслевых задач.

Один из важнейших инструментов автоматизации проектирования – параметризация. Это понятие, подразумевает введение определенных параметров, зависимостей, ограничений, функций, а также взаимосвязь между ними и возможность редактирования их на любом этапе. Данный функционал возможен только в программах с историей построения или с принципом объектного моделирования. При объектном моделировании программой заложено автоматическое создание взаимосвязей, но при этом ограничивается вариативность разрабатываемой модели. Поэтому в машиностроении чаще всего используют ПО с историей построения.

Одна из возможностей параметризации – изменение любых размеров любой детали сборки с автоматическим перестроением. Вместе с тем в CAD можно накладывать зависимости на размеры: например, значение одного размера выражается математической зависимостью от другого размера, выбирается из массива данных, или вычисляется при помощи логической функции И, ИЛИ, ЕСЛИ и др. Также при помощи параметризации можно редактировать свойства массивов деталей и снимать значения с графиков. Другими словами, любые аналитические расчеты можно описать параметрами в CAD и реализовать автоматически. Хорошим примером послужит трубопроводная арматура, которая при проектировании имеет большое количество параметров таких как диаметр, номинальное давление, расход и др. Эти параметры могут зависеть от отраслевых или иных требований. Полное проектирование такого изделия от модели до чертежей и спецификаций при должном подходе можно свести до заполнения опросного листа из нескольких десятков значений.

Второй значимый инструмент автоматизации проектирования – application programming interface (API) – набор инструментов, которые позволяют взаимодействовать программам и приложениям между собой. Интерфейс, взаимодействия одной программной среды с другой. В случае совместного использования с CAD функционал API раскрывается при создании функций, не предусмотренных разработчиком. Например, для создания отчетов, технологических файлов, а также для автоматизации регулярно-повторяющихся действий. Также, посредством API можно реализовать взаимосвязь с нейросетями или другими программами.

Немаловажным способом автоматизации процесса проектирования является топологическая оптимизация формы – определение наиболее оптимальной геометрии изделия в рамках заданных ограничений для сопротивления заданным внешним факторам. Чаще всего это перераспределение объема материала внутри заданного пространства детали, для снижения и

более эффективного использования массы. Главным минусом такого процесса является сравнительно невысокая технологичность, что влечет за собой ограничение возможностей применения до 3D-печати и сложной многокоординатной ЧПУ обработки. Такую возможность оптимизации предоставляют некоторые системы САЕ.

Следующий шаг к автоматизации по смыслу, но не во времени – внедрение PLM систем. Эти системы применяются для управления всеми данными, относящимися к жизненному циклу изделия, и выходят на первый план, когда предприятие начинает разрабатывать изделия с большим количеством деталей, имеет большую номенклатуру изделий и сотрудников или планирует осуществлять совместную работу в моделях. Минус таких систем – это необходимость в дополнительном обучении сотрудников, и более высокая точность к обработке данных на входе и выходе.

Исходя из всего вышесказанного можно сформулировать несколько векторов развития машиностроительных предприятий, в зависимости от их уровня развития. Для молодых компаний, с небольшим бюджетом и штатом целесообразно автоматизировать сферу САД систем, без применения интерфейсов API, ограничиваясь автоматизацией параметризации. Для средних компаний, имеющих средства для развития и желание масштабирования бизнеса, дополнительно стоит полностью отладить вопросы планирования, а также вводить применение PDM систем. Для крупных компаний, стремящихся поддерживать уровень развития, необходимо использовать все возможные инструменты автоматизации, и зачастую, самое «тяжелое» и функциональное программное обеспечение, или даже начать создавать свое.

Список литературы

1. ГОСТ 23501.108-85. Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 16 с.
2. Фомичев Н.И. Ф76 Автоматизированные системы научных исследований: учеб. пособие – Ярославль: Яросл. гос. ун-т., 2001. – 112 с.
3. **Ресурсы удаленного доступа**
4. Что такое BPMS // Хабр: сайт. – 2015. – URL: <https://habr.com/ru/companies/trinion/articles/273025/>.
5. Что такое бизнес-процесс и описание бизнес-процесса // Тринион: сайт. – 2023. – URL: <https://trinion.org/blog/cto-takoe-biznes-process-opisanie-biznes-processa>.
6. Краткое описание BPMN с примером // Тринион: сайт. – 2023. – URL: <https://trinion.org/blog/kratkoe-opisanie-bpmn-s-primerom>.
7. Каталог «Управления жизненным циклом изделия». Решения АСКОН // Аскон: сайт. – 2024. – URL: <https://ascon.ru/products/locman-plm/>.