

УДК 65.011.5; JEL Classification: D20; L23
10.17213/2075-2067-2019-2-22-27

ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ПРОДУКТА

© 2019 г. В. А. Старцев

Технологический университет Московской области, г. Королев

Рассмотрены возможности систем автоматизированного проектирования, выявлены риски снижения рентабельности производства из-за выполнения индивидуальных заказов без использования стандартных деталей.

Ключевые слова: *риски рентабельности; системы автоматизированного проектирования; стандартизация деталей и узлов.*

The possibilities of computer-aided design systems are considered, the risks of reducing the profitability of production due to the fulfillment of individual orders without the use of standard parts are identified.

Key words: *profitability risks; computer-aided design systems; standardization of parts and assemblies.*

1. Введение

Производительность в сфере разработки и проектирования новых продуктов в значительной мере определяет результативность и эффективность деятельности предприятия в целом. В настоящее время многие отечественные и зарубежные промышленные предприятия обладают средствами автоматизированного проектирования по технологии 3D-CAD-System (3D-САПР)¹, однако, несмотря на большой потенциал, возможности этих систем по сокращению сроков разработки и вывода продукции на рынок используются не в полной мере [3, 6]. При создании нового продукта в большинстве случаев 3D-САПР используются в качестве «машин для конструирования» [6].

Возрастающие возможности систем автоматизированного проектирования «провоцируют» конструкторов на создание многообразия оригинальных деталей или узлов, ко-

торые должны удовлетворять желания заказчиков. При этом, как правило, конструкторы не обращают внимания на такие проблемы, как рост затрат на проектирование, качество будущей продукции, производственные затраты, сроки изготовления и т.п.

Противоречие между возможностями современных автоматизированных систем и выявленной тенденцией снижения рентабельности промышленного производства [4] требует выработки стратегий в области стандартизации и типизации деталей и узлов, применения модульного подхода к конструированию и учета возможных вариантов конфигураций продукции.

2. Возможности средств и систем автоматизированного проектирования

Работа по конструированию и проектированию новых продуктов требует чрезвычайно интенсивной работы персонала. За-

¹ В России для аббревиатуры 3D-CAD-System (3-dimensional computer-aided-design system) принято сокращение 3D-САПР (3-мерные системы автоматизированного проектирования).

траты на персонал составляют 3/4 от затрат на разработку [6], поэтому неудивительно, что уже с середины 60-х годов прошлого века в СССР и за рубежом появились первые программы для автоматизации процессов проектирования [3, 6].

В таблице 1 приведены наименования и области применения наиболее распространенных САПР.

Первые 2D-CAD-Systems были предназначены для ускорения работ по созданию технических чертежей. Практически это означало замену классической чертежной доски на электронную. Хотя 2D-CAD-Systems существенно облегчали работу конструкторов и чертежников, однако

весь процесс проектирования сократился не очень существенно.

С появлением в 80-е годы 3D-CAD-System основной фокус внимания сместился с чертежных работ на проектные. Появилась возможность получать трехмерное (объемное) изображение деталей и узлов с помощью CAGD. Благодаря применению функционала CAE у конструктора появилась возможность изменять форму деталей на ранней стадии проектирования и получать обратную связь относительно прочностных характеристик, коэффициентов деформации, распределения температур при различных нагрузках, усталости материала и т.п. Кроме того, система позволяет производить оптимизацию кон-

Таблица 1

Области применения систем автоматизированного проектирования

| Аббревиатура | Наименование | Область применения |
|---|---|---|
| <i>CADD</i> | <i>computer-aided design and drafting</i> | проектирование и создание чертежей |
| <i>CAGD</i> | <i>computer-aided geometric design</i> | геометрическое моделирование |
| <i>CAE</i> | <i>computer-aided engineering</i> | средства автоматизации инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов, осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий |
| <i>CAA</i> | <i>computer-aided analysis</i> | подкласс средств CAE, используемых для компьютерного анализа |
| <i>CAM</i> Российский аналог АСТПП | <i>computer-aided manufacturing</i> Автоматизированная система технологической подготовки производства | средства технологической подготовки производства изделий, обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудованием с числовым программным управлением (ЧПУ) |
| <i>CAPP</i> | <i>computer-aided process planning</i> | средства автоматизации планирования технологических процессов, применяемые на стыке систем CAD и CAM |
| <i>CAPE</i> | <i>computer-aided production engineering</i> | средства автоматизации для технологического и организационного проектирования процессов производства |
| <i>CAD/CAM CAD/CAE CAD/CAE/CAM</i> | | комбинированные средства автоматизированного проектирования для решения задач, относящихся к различным аспектам проектирования |

трукции изделия с точки зрения экономии материалов, тем самым способствует созданию облегченных конструкций [5, 6, 7].

Системы автоматизированного проектирования позволяют моделировать поведение конструкции детали в зависимости от физических свойств применяемых материалов, не прибегая при этом к изготовлению дорогостоящего реального образца (физической модели). Если возникает потребность в физическом образце для дальнейших исследований, то с помощью 3D-принтера либо других технологий быстрого прототипирования (стереолитография, лазерное спекание и т.п.) его можно быстро и сравнительно недорого изготовить.

Возможность по созданию макета нового продукта в натуральную величину существенно упрощает дальнейшие шаги по его проектированию и выведению на рынок. В частности, объемное представление продукта для заинтересованных лиц позволяет создать качественно другую информационно-коммуникационную платформу.

Для менеджеров компании, принимающих решение о выпуске нового продукта, важно продемонстрировать не только на экране, но и «вживую» функциональные, конструктивные, технологические и прочие свойства продуктовой инновации.

Объемная цифровая модель нового продукта обладает не только преимуществами в визуализации, но и позволяет имитировать различные функциональные характеристики. В частности, можно исследовать кинематику движущихся элементов и выявлять заранее недостатки в конструкции с точки зрения столкновения деталей (например, резание зубчатыми колесами вала редуктора), наличия степеней свободы, зазоров, плотности упаковки узлов и т.п.

На ранней стадии разработки продукта с помощью объемной модели возможно моделирование различных вариантов процесса монтажа и демонтажа.

С помощью объемного представления продукта можно исследовать и оценить уровень его эргономичности не только в процессе эксплуатации, но и при производстве. Например, деталь не должна быть тяжелой и травмоопасной для работника и т.п.

Особую ценность динамический макет нового продукта в натуральную величину

имеет для подразделений маркетинга и продаж. Представление продукта в натуральную величину естественно, намного дороже, чем изображение продукта в глянцевом каталоге, но воздействие на потенциальных потребителей намного сильнее.

3. Риски автоматизированного проектирования

Рост конкуренции, требования к сокращению жизненного цикла и снижению затрат, индивидуализация заказов и т.п. стимулируют производственные предприятия и их партнеров совершенствовать процессы проектирования. Как было показано выше, современные САПР в технологии 3D-CAD-System позволяют создавать прототипы новых продуктов в натуральную величину за короткий отрезок времени и сравнительно недорого.

Из практики управления известно, что появление новых возможностей (шансов) всегда сопряжено с появлением новых рисков.

Современные САПР, как отмечалось во введении, это «машины для конструирования», которые позволяют быстро создавать большое количество различных деталей. Это свойство САПР — хорошо использовать на первичных креативных стадиях разработки новых продуктов. Кроме того, возникает иллюзия, что предприятие может выполнить любой заказ клиента с учетом его индивидуальных предпочтений по цене серийного производства. С экономической точки зрения это обещание практически невозможно выполнить.

Дело в том, что размер партии продукции, изготавливаемой по индивидуальному заказу клиента, как правило, либо очень мал, либо в худшем случае равен единице. Как следствие, растут производственные затраты из-за высокой доли в продукции постоянных затрат. А если для производства потребуются специальная оснастка, приспособления и измерительные инструменты для контроля качества, то рост затрат будет еще значительнее.

При большом количестве специальных заказов реальными становятся риски снижения рентабельности [4, 6]. Из-за неконтролируемых запасов на специальные детали (узлы) может существенно ухудшиться ситуация с ликвидностью предприятия, так как, вероятнее всего, может измениться соотношение дебиторской и кредиторской задол-

женности не в пользу предприятия. Проще говоря, деньги предприятия будут «заморожены» в запасах. Перечень составляющих затрат при выполнении специальных заказов подробно рассмотрен в [6].

При проектировании нового продукта по индивидуальному заказу необходимо соблюдать один из важнейших принципов: не следует для каждого клиента/заказа «изобретать новое колесо».

4. Стандартизация и нормализация

Чтобы уменьшить риски снижения рентабельности, необходимо в процессе проектирования стремиться к тому, чтобы по возможности меньшим числом стандартизованных и нормализованных деталей/узлов обеспечить как можно больше вариантов конфигурации продукта. Благодаря этому не только уменьшится сложность производственного процесса, но и будет обеспечено стабильное качество продукта. В серийном производстве качество стандартных деталей, как правило, выше, чем в индивидуализированном. Этот феномен объясняется тем, что стандартизованные детали выпускаются большими партиями и длительное время с тщательной технологической подготовкой производства.

В таблице 2 приведена интервальная оценка доли деталей категорий А, В, и С как в количественном, так и стоимостном выра-

жении. Пример базируется на данных из работы [6].

Детали категории С относятся к стандартизованным и/или нормализованным. В структуре себестоимости изделия затраты на детали категории С незначительны и могут составлять менее 10%. Естественно, что такие детали нет смысла конструировать, проектировать и изготавливать на предприятии. Детали категории С целесообразно покупать на рынке, получая при этом скидки за объемы, тем самым способствуя дополнительному снижению затрат.

Деталей категории В изделия меньше, чем деталей категории С, но затраты существенно выше, поэтому детали этой категории целесообразно проектировать и производить у себя или у партнеров. Возможен вариант, когда детали категории В выступают как стандартизованные, но в рамках одного предприятия или групп родственных предприятий, выпускающих большие объемы однотипной продукции.

Как правило, детали категории А предприятия разрабатывают и изготавливают для удовлетворения специфических требований клиента либо с учетом особых условий работы изделия, например, высокой пожароопасности, взрывоопасности, агрессивной среды и т.п. Доля деталей категории А должна быть по возможности меньше, так как в структуре

Таблица 2

Интервальная оценка долей деталей категорий А, В и С в условном изделии

| | Доля деталей категорий А, В, и С | | |
|--|----------------------------------|-----------------|---------------------|
| | А | В | С |
| Количество деталей в изделии, (%) | Малое (≤ 10) | Среднее (30–50) | Большое (40–60) |
| Затраты на детали в себестоимости изделия, (%) | Большие (65–70) | Средние (20–25) | Малые (≤ 10) |

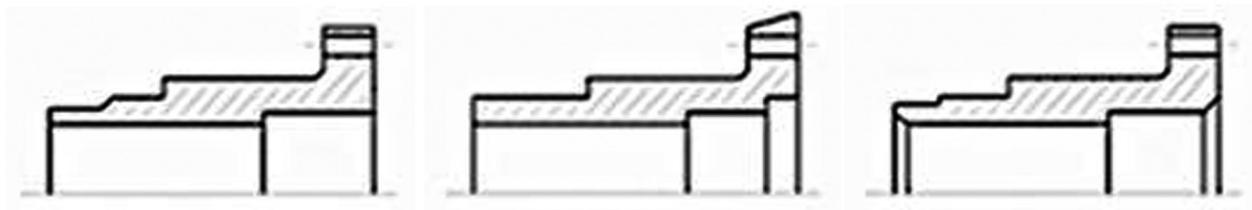


Рис. 1. Варианты фланцев

себестоимости они занимают очень высокую долю.

В работе [6] приведен пример стандартизации и нормализации деталей типа фланец. При проектировании различных изделий конструкторы каждый раз разрабатывали различные конструкции фланцев.

На рис. 1 приведено 3 из 15 анализируемых вариантов фланцев.

В результате стандартизации был выбран вариант, заменяющий все рассмотренные выше варианты (рис. 2).

Нормализация размеров производится на основе так называемых стандартных размеров (нормалей).

В таблице 3 приведены значения стандартных размеров длины, диаметров наружных и внутренних, а также формулы определения остальных размеров [6].

Несмотря на очевидные экономические выгоды стандартизации и нормализации, применение этих методов проектирования

не носит масштабный характер. Дело в том, что термин «стандартизация» имеет определенную негативную коннотацию и ассоциируется с нормами, правилами, предписаниями и т.п. Всякие правила воспринимаются как «тормоза» креативности и инновационности. На самом деле речь идет о том, чтобы основную концепцию инновативных продуктов или их групп реализовать в максимально возможных вариантах с помощью системы комплектов стандартных узлов и деталей. В станкостроении этот метод проектирования получил название «метод агрегатирования станков из унифицированных узлов и деталей».

Справедливости ради следует отметить, что советская конструкторско-технологическая школа еще в 60–70-х годах прошлого века активно разрабатывала и применяла на производстве методы стандартизации и нормализации технологических процессов не только в станкостроении, но и в авиастроении и других отраслях народного хозяйства. Ли-

Таблица 3

Стандартные размеры и соотношения

| № детали | A | B | C | $DAA = DAC / 3,0$ | $DAB = A - 65,0$ | $DAC = C - 20,0$ | $DAD = C + (B - C) / 2$ |
|----------|-----|-----|-----|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 125 | 80 | 60 | 16,6 | 60 | 40 | 70 |
| 2 | 112 | 100 | 65 | 15 | 47 | 45 | 82,5 |
| 3 | 100 | 106 | 70 | 13,3 | 35 | 50 | 87,5 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Обозначение размеров и соотношений взято из чертежа на рис. 2

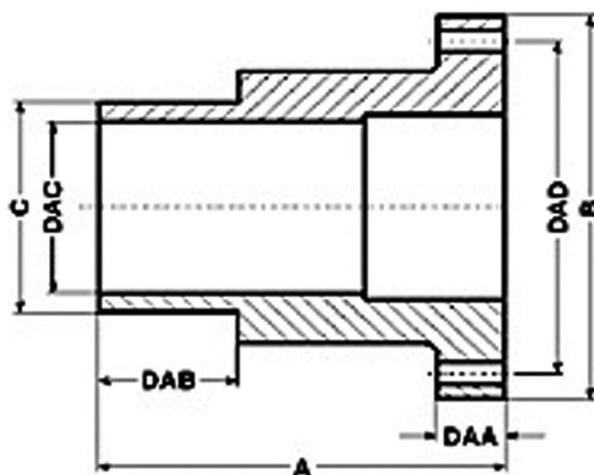


Рис. 2. Чертеж стандартизованного и нормализованного фланца

дером этих работ был Председатель Госстандарта (1963–1984) профессор, д.т.н. Василий Васильевич Бойцов [1, 2].

5. Выводы

Системы автоматизированного проектирования по технологии 3D-CAD-System (3D-САПР) потенциально обеспечивают существенное сокращение сроков проектирования новых продуктов, а также позволяют анализировать и оптимизировать конструктивно-технологические и эксплуатационные характеристики на ранних стадиях.

Вместе с тем большие возможности САПР несут в себе риски снижения рентабельности производства. В качестве одного из важнейших направлений снижения рисков предлагается использовать при конфигурации различных вариантов новых продуктов как можно большее число стандартизованных и нормализованных деталей и узлов.

Конструкторы и проектировщики изделий должны стремиться к тому, чтобы детали категории А постепенно переходили в категорию В, а детали категории В — в категорию С. Такой подход будет способствовать снижению затрат и росту рентабельности производства.

Литература

1. *Бойцов В. В.* Научные основы комплексной стандартизации технологической подготовки производства. — М.: Машиностроение, 1982. — 319 с.
2. *Бойцов В. В.* Нормализованные основы освоения производства новых машин. — М.: Машиностроение, 1977.
3. *Норенков И. П.* Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 360 с.
4. *Старцев В. А.* Управление затратами в процессе разработки нового продукта // Контроллинг. — 2019. — №1 (71). — С. 24–32.
5. *Старцев В. А., Фалько С. Г.* Эволюция подходов и принципов при разработке новых продуктов // Инновации в менеджменте. — 2018. — №17. — С. 62–68.
6. *Schöttner J.* Umsatz gut, Rendite mangelhaft. Das Kostenproblem der Fertigungsindustrie. — München: Carl Hanser Verlag, 2017. — 257 s.
7. *Wiendahl H.-P.* Betriebsorganisation für Ingenieure. — München; Wien: Carl Hanser Verlag, 1989. — 418 s.

Поступила в редакцию

12 ноября 2018 г.



Старцев Вячеслав Александрович — кандидат экономических наук, проректор по научной работе и инновационной деятельности Технологического университета Московской области.

Startsev Vjacheslav Aleksandrovich — candidate of economic Sciences, Vice-Rector for Research and Innovative Activity of the Technological University of Moscow Region.

141070, г. Королев, ул. Гагарина, 42
42 Gagarina st., 141070, Korolev, Russia
Тел: +7 (495) 543-34-31, доб. 2130; e-mail: startsev@ut-mo.ru