

**УДК 621.65.011.56(075.8)****В. А. Полетаев**

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Комплексная автоматизация производственных процессов – одно из главных направлений научно-технического прогресса в машиностроении, важнейший фактор повышения качества продукции и производительности, а также улучшения условий труда. Вносятся коренные усовершенствования в технологию производства, техническую оснащенность предприятия современными средствами труда.

Главной особенностью современного этапа развития техники, в частности средств производства, является широкое использование вычислительной техники для автоматизации процессов умственного и физического труда. Практически речь идет о коренном изменении характера средств производства - создании новой материально-технической базы общества [1].

Для эффективной работы в современных условиях предприятие должно обеспечивать автоматизацию всего ЖЦ изделия (маркетинг, формирование портфеля заказов, проектирование, конструкторская, технологическая, техническая и экономическая подготовка производства, планирование и оперативное управление производством, хранение, сбыт и др.) без значительного изменения в переходный период сроков подготовки продукции к производству и себестоимости продукции. В предельном случае может возникнуть ситуация, когда товар будет производиться только в случае, если на него есть конкретный заказчик.

При классическом подходе к созданию изделия большая доля себестоимости изделия приходится на этапы конструкторской и технологической подготовки его производства. Следовательно, переход предприятия на работу по системе заказов возможен только при условии, что это соотношение кардинально изменится и себестоимость единичного изделия будет мало отличаться от себестоимости изделия, созданного в условиях массового производства.

При снижении количества производимых изделий в себестоимости каждого изделия возрастет та часть, которая приходится на этапы его разработки. Избежать этого можно путем уменьшения затрат на разработку изделия за счет использования систем автоматизированного проектирования.

Система автоматизации проектирования реализует возможности, предоставляемые на сегодняшний момент вычислительной техникой. К их числу относятся расчет объектов и проектируемых систем на прочность, исследование кинематических, геометрических, динамических свойств проектируемых конструкций. Эти системы позволяют моделировать работу изделия в условиях изме-

няющейся внешней среды, имитирующей работу конструкции в реальных условиях. На САПР возлагаются функции документирования процесса проектирования: изготовление чертежей, спецификаций, размножение технической документации.

Проектирование и технологическая подготовка производства осуществляется в комплексе. Таким образом, проектирование и технологическую подготовку производства можно осуществить в комплексе, как бы в одном процессе, так что любые изменения в конструкции детали могут быть внесены непосредственно в конструкцию проектируемого изделия. Сложный итерационный, с многочисленными корректировками процесс "проектирование – технологическая подготовка производства" может быть проведен для крупных конструкторских работ, включающих просмотр сотен вариантов при разработке и создании конструкций из многих тысяч деталей.

При разработке новых конструкций, узлов, систем часто необходимо проанализировать саму идею, концепцию создания изделия. Такие работы проводятся в рамках предпроектных научных исследований и, как правило, связаны с анализом и сравнением вариантов систем, исследуемых потом с помощью ЭВМ. Привлечение автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) позволяет резко повысить эффективность и качественные показатели создаваемой конструкции или системы. АСНИ в цепочке, составляющей производственный цикл, есть первая ступень его интегральной автоматизации.

Последние стадии производственного цикла, связанные с собственно изготовлением продукции, также целесообразно осуществлять в едином процессе с использованием общей информационной базы. В роли связующей основы систем САПР и АСТПП выступает проект, он же обеспечивает интеграцию предметных областей изделий и самой производственной среды, приводит к цепочке АСНИ / САПР / АСТПП / ГАП, т.е. к интегрированному производственному комплексу. Проект содержит практически всю информацию, необходимую для осуществления производственного цикла. Главная задача, связанная с обеспечением функционирования систем автоматизации и локальных вычислительных систем (ЛВС), – разработка их информационного, программного и аппаратного обеспечения, а также проведение системных исследований, определяющих принципы и методы их интеграции, общую стратегию внедрения систем автоматизации на предприятии, оптимальный уровень автоматизации производствен-

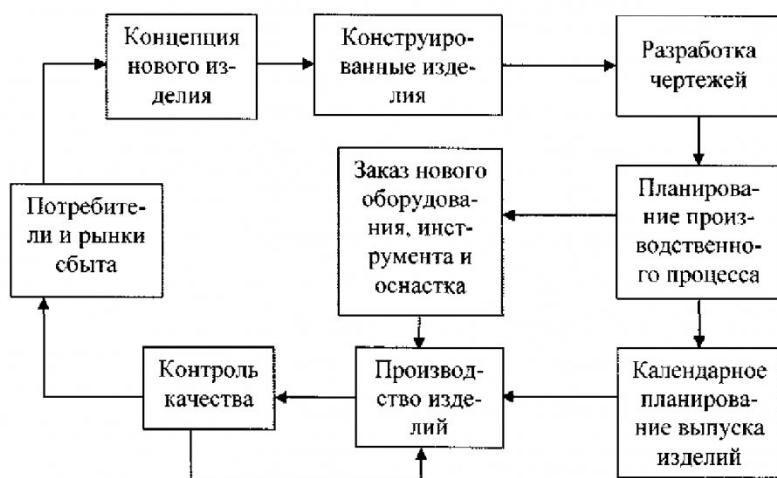
ных процессов, методы оценки эффективности и т.д.

Для понимания масштаба задач автоматизации в деятельности предприятия рассмотрим его производственный цикл. На рис. 1 представлен традиционный производственный цикл промышленного предприятия [3]. Организация этого цикла определяется заказчиками изделий и потребностями рынков сбыта. Могут быть случаи, когда в роли проектировщиков и изготовителей выступают разные фирмы, в других случаях это одно предприятие. Но производственный цикл всегда начинается с выработки концепции нового изделия, т.е. с возникновения определенной идеи. Затем осуществляется конструкторская проработка изделия, которая реализуется документацией в виде конструкторских чертежей и совокупности технических описаний (спецификаций), отобра-

ТПП и календарного планирования выпуска. Использование АСТПП и АСУП обеспечивает более эффективное выполнение этих функций. В ходе производства ЭВМ (СУ ГПС) осуществляет текущий контроль и управление технологическими операциями. В процедурах контроля качества система автоматического контроля (САК) обеспечивает контроль и испытание как готовых изделий, так и их компонентов.

Основные типы автоматизированных систем, используемых в производственном цикле, представлены на рис. 3, где приняты следующие обозначения в соответствии с общепринятой международной аббревиатурой:

- CAE (Computer Aided Engineering) – автоматизированные расчеты и анализ;
- CAD (Computer Aided Design) – автоматизированное проектирование;



*Рис. 1. Производственный цикл (охватывающий проектирование и изготовление изделий)*

жающих принципы функционирования изделия. Формулируется план выпуска новой продукции. На этом этапе проектирования заканчивается (если не считать конструктивных изменений, которые могут быть на протяжении всего жизненного цикла изделия). Следующим видом деятельности становится изготовление изделия, которое начинается с технологической подготовки производства (проектирование ТП и необходимого технологического оснащения оборудования, оснастки, инструмента). На этапе разработки графика производстварабатывается план, в соответствии с которым предприятие фактически берет на себя обязательство выпустить определенное количество изделий в конкретные сроки. После этого запускается собственно производство, заканчивающееся необходимым контролем и отгрузкой заказчику.

Влияние автоматизации на все рассмотренные виды деятельности является определяющим (рис. 2). Автоматизированное проектирование и автоматическое изготовление чертежей и конструкторской документации (АСНИ, САПР) имеют место на этапах выработки концепции, конструирования изделия и разработки чертежей. На этапах

• CAM (Computer Aided Manufacturing) – автоматизированная технологическая подготовка производства;

• PDM (Product Data Management) – управление проектными данными;

• ERP (Enterprise Resource Planning) – планирование и управление предприятием;

• MRP II (Manufacturing Requirement Planning) – планирование производства;

• MES (Manufacturing Execution System) – производственная исполнительная система;

• SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчерское управление производственными процессами;

• CNC (Computer Numerical Control) – компьютерное числовое управление.

Автоматизированные системы поддерживают определенные этапы и процедуры в ЖЦ изделий (рис. 3). Современные САПР (или системы CAE/CAD), обеспечивающие сквозное проектирование сложных изделий или, по крайней мере, выполняющие большинство проектных процедур, имеют многомодульную структуру. Модули различаются своей ориентацией на те или иные про-



Рис. 2. Производственный цикл при автоматизированной поддержке



Рис. 3. Системы автоматизации производственным процессом

ектные задачи применительно к тем или иным типам устройств и конструкций. При этом естественно возникают проблемы, связанные с построением общих баз данных, с выбором протоколов, форматов данных и интерфейсов разнородных подсистем, с организацией совместного использования модулей при групповой работе. Решение этих проблем затрудняется на предприятиях, производящих сложные изделия, в частности, с механическими и радиоэлектронными подсистемами, поскольку САПР в машиностроении и радиоэлектронике до недавнего времени развивались самостоятельно и в отрыве друг от друга.

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного производственного назначения были разработаны специальные средства управления проектными данными – системы PDM. Эти системы либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут функциониро-

вать совместно с разными САПР.

Автоматизированные системы ТПП, составляющие основу системы САМ, выполняют синтез технологических процессов и программ для оборудования с ЧПУ, выбор технологического оборудования, инструмента, оснастки, расчет норм времени и т.п.

Модули системы САМ обычно входят в состав развитых САПР, поэтому интегрированные САПР часто называют автоматизированными системами CAE/CAD/CAM/PDM.

Функции управления на промышленных предприятиях обычно выполняются с помощью автоматизированных систем на нескольких иерархических уровнях. Автоматизацию управления на верхних уровнях (от корпорации до цеха) осуществляют АСУП, классифицируемые как системы ERP или MRP II. Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбы-

том продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т.п. Системы MRP II ориентированы главным образом на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством.

Системы АСУТП контролируют и используют данные, характеризующие состояние технологического оборудования и протекание технологических процессов. Именно их чаще всего называют системами промышленной автоматизации. Для выполнения диспетчерских функций (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и разработки программного обеспечения для встроенного оборудования в состав АСУТП вводят систему SCADA. Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы CNC на базе контроллеров – специализированных компьютеров, встроенных в оборудование.

Для выявления задач, переводимых на автоматическое решение, необходимо разработать графическую информационную модель (ГИМ) производственного цикла создания изделия. Модель удобна для использования, так как представляется совокупностью блок-схем, которые широко используются в инженерной практике [2]. Разработка модели осуществляется таким образом, что блок-схемы распределяются по уровням подчиненности: функции, задачи, процедуры. К ним добавляются матрицы увязки информации в документах, которые уточняют содержание инфор-

мации по задачам вплоть до каждого реквизита всех документов. Практическое значение ГИМ определяется тем, что она является исходным документом для планирования развития системы; служит основанием для выявления задач, переводимых на автоматическое решение: дает исходную информацию для разработки алгоритмов решения задач; представляет проект системы на новом уровне интеграции и автоматизации.

На рис. 4 представлена ГИМ системы производственного цикла исходного уровня функционирования СУ производственным циклом. Модель дает возможность проанализировать характер влияния отдельных функций на работу системы в целом.

Модель начинается с маркетинга, технического задания на проектирование и заканчивается принятием решения о судьбе изделия. Структура модели включает не только перечень функций, но и отношение между ними, которые обозначаются стрелками прямых и обратных связей.

Традиционная структура производственного цикла привела к ситуации, когда сроки научно-технической подготовки производства сложных изделий приблизились к срокам сменяемости самих изделий.

Автоматизация позволяет разрешить это противоречие путем охвата всех этапов ЖЦИ: от автоматизации научных исследований до автоматизации производственного цикла; создания математической модели изделия и технологического процесса, позволяющих повысить качество го-

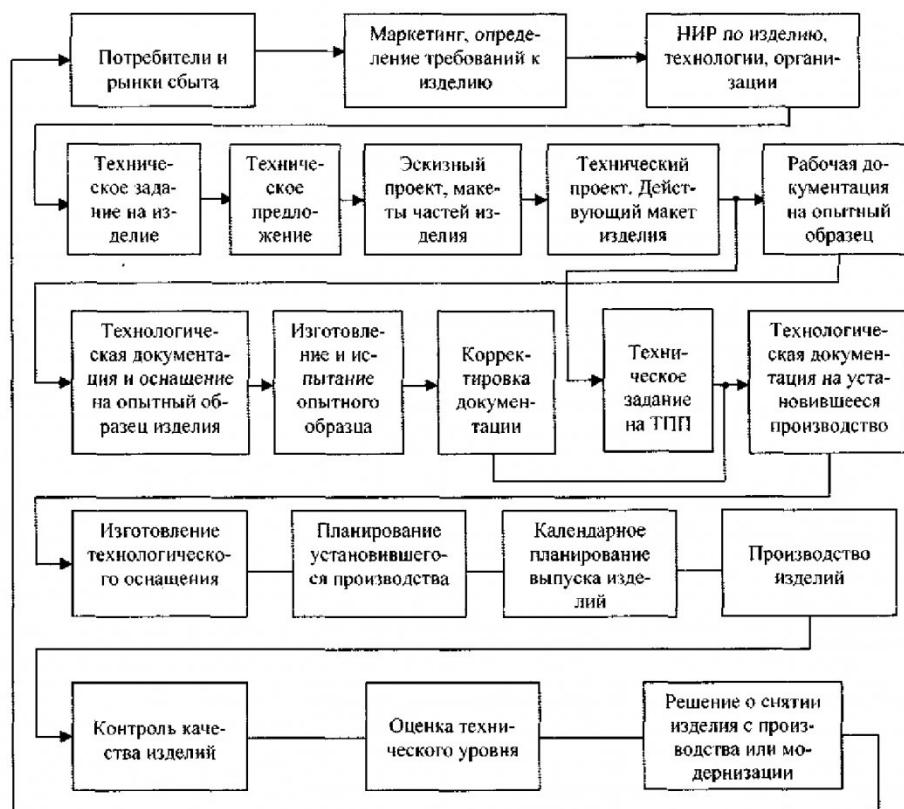


Рис. 4. Блок-схема функций производственного цикла создания изделий

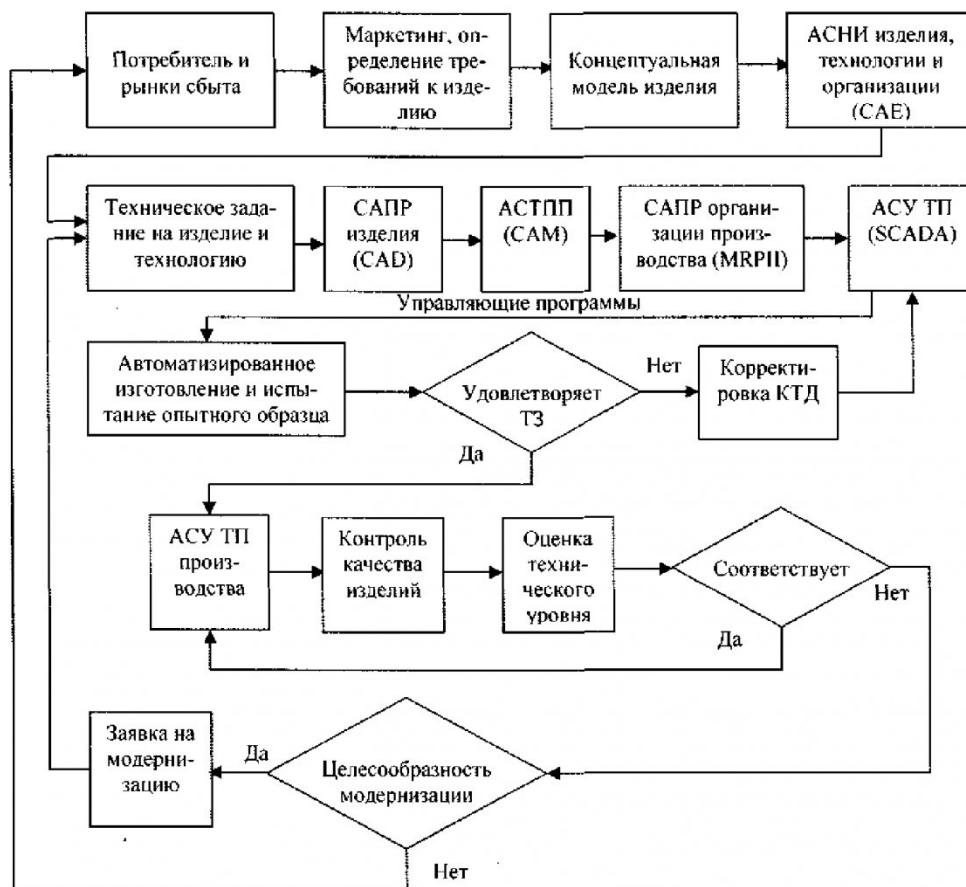


Рис. 5. Блок-схема функций производственного цикла изделий с автоматизированной поддержкой основных функций

вых изделий и сократить сроки тестирования изделий либо отказаться от него.

С учетом возможностей современных систем автоматизации отдельных этапов производственного цикла разработана графическая модель производственного цикла, в которой основные функции системы автоматизированы (рис. 5). В ней отражается высокий уровень автоматизации проектирования и производства достигнутой за счет использования САПР и АСУ ТП; введены функции, выявленные при анализе модели управления;

отражены принципы создания сложных систем.

Изменение структуры функций вызваны новыми возможностями, обусловленными их автоматизацией по всем стадиям производственного цикла. Сравнение исходной модели (рис. 4) с разработанной (рис. 5) дает возможность определить направления работ по созданию интегрированных производственных систем (ИПС). Интеграция САПР с АСУ ТП приводит к объединению конструирования, проектирования технологии и процесса изготовления изделия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении /Под ред. Ю. М. Соломенцева, В. Г. Митрофанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
2. Логашев В. Г. Технологические основы автоматических производств. – Л.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
3. Полетаев В. А. Компьютерно-интегрированные производственные системы: учеб. пособие / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2006. – 199 с.

Автор статьи:

Полетаев  
Вадим Алексеевич  
– докт. техн. наук, проф., зав. каф. "Информационные и автоматизированные производственные системы" КузГТУ  
Тел. 8-384-2-39-69-44.