

УДК 621:658.284

В. А. Полетаев

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Существенное повышение уровня автоматизации производственных процессов, связанное с появлением систем с ЧПУ, компьютеризированных производств и систем автоматизированного проектирования, поставило задачу создания заводов с полностью автоматизированным производственным циклом. Основой такого завода является компьютерно-интегрированная производственная система (КИПС) [1].

Назначение КИПС заключается в реализации автоматизированного цикла создания нового изделия от предпроектных научных исследований до выпуска серийного образца, при этом обеспечивается проведение работ на всех стадиях – от исследования до производства – на основе использования общей информационной базы, а также безматериальный перенос информации по составляющим системам этого цикла с помощью локальных вычислительных сетей (ЛВС).

В КИПС все операции с информационными потоками по всем этапам производственной деятельности предприятия (ПДП) автоматизированы на основе компьютерных технологий. При этом материальные потоки могут быть полностью или частично автоматизированы. КИПС состоит из производственно-технологического комплекса (ПТК), автоматизированных систем научных исследований (АСНИ), системы автоматизированного проекта (САПР), автоматизированных систем подготовки производства (АСПП), оперативного управления (СОУ), управления производством (АСУП). Оперативное управление ПТК осуществляется системой оперативного управления (СОУ), функциональными задачами которой являются: оперативное планирование, диспетчерское управление, управление основным и вспомогательным оборудованием. ПТК вместе с СОУ образуют автоматизированную производственную систему (АПС). Совокупность всех систем подготовки и управления и образует интегрированную систему автоматизации производственной деятельности предприятия. На современном уровне автоматизации такая система обязательно включает элементы интеллектуализации и определяется как интеллектуальная интегрированная система (ИИС) управления ПДП. В зависимости от уровня автоматизации АПС могут быть совокупностью станков с ручным управлением или с ЧПУ, совокупностью гибких производственных модулей (ГПМ), ячеек, автоматических линий или, наконец, гибкой автоматизированной производственной системы (ГАПС). ГАПС – переналаживаемая автоматизированная производственная система, в

которой реализована комплексная автоматизация как информационных, так и материальных потоков на уровне участия линии, ячеек.

Современное предприятие должно обеспечить реализацию всего производственного цикла изделия. При этом портфель заказов может изменяться в короткие сроки, так же как и состав участвующих в его выполнении организаций. Наиболее эффективное направление сокращения времени выполнения заказов – создание интегрированной системы автоматизации (ИСА) производственной деятельности предприятия.

Актуальность проблемы создания ИСА сводится к большей эффективности их по сравнению с использованием отдельных систем автоматизации – САПР и АСУ ТП.

Применение ИСА приводит к повышению производительности общественного труда, поэтому теория производительности машин и труда [2, 3] может быть распространена на весь производственный цикл создания изделий. В этом случае текущие затраты прошлого труда можно принять неизменными, тогда производительность труда будет определяться выражением

$$Q = \frac{N}{Z_p + Z_{ж}}, \quad (1)$$

где N – количество продукции, произведенной в единицу времени; Z_p – затраты прошлого труда; $Z_{ж}$ – затраты живого труда.

Относительный рост производительности труда в результате автоматизации

$$\lambda = \varphi(K+1)/(K\sigma + \varepsilon), \quad (2)$$

где $\varphi=N_2/N_1$ – относительный рост количества продукции, достигнутой за счет автоматизации; $K=Z_{p1}/Z_{ж1}$ – коэффициент технической вооруженности труда; $C=Z_{p2}/3T_{n1}$ – коэффициент изменения единовременных затрат прошлого труда при переходе на новый уровень автоматизации; $\varepsilon=Z_{ж2}/Z_{ж1}$ – коэффициент изменения затрат живого труда в результате автоматизации.

Индекс 1 соответствует исходному уровню производства, а индекс 2 – достигнутому в результате автоматизации.

Обобщая теорию производительности труда на сферу подготовки производства, следует учесть, что наряду с автоматизацией процессов подготовки производства используются традиционные методы повышения производительности за счет использования унифицированных проектных решений с последующим многократным их ис-

пользованием. К ним относятся алгоритмы и программы проектирования и управления. Таким образом, в рамках производственного цикла предприятия результат прошлого проектного труда реализуется в виде унифицированных проектных решений (которая находится в базе данных), а живой труд создает новую проектную продукцию [4].

Тогда рост производительности труда в сфере проектирования

$$\lambda_n = \varphi_n (K_n + 1) / (K_n \sigma_n + \varepsilon_n), \quad (3)$$

где φ_n – рост выпуска проектной продукции; K_n – коэффициент технической вооруженности инженерного труда; σ_n – рост единовременных затрат на техническое оснащение и приобретение унифицированных проектных решений; ε_n – снижение затрат труда проектировщиков за счет эффекта от единовременных затрат.

Для определения выражения для роста производительности труда в производственном цикле затраты прошлого труда разделим на две составляющие: проектные T_n и производственные T_u , то есть

$$T_p = T_n + T_u. \quad (4)$$

Подставив выражение (4) в (1) с учетом уравнений (2) и (3) получили выражение для роста производительности труда в целом в системе производственного цикла:

$$\lambda = \varphi (K_n + K_u + 1) / (K_n \delta_n + K_u \delta_u + \varepsilon), \quad (5)$$

где $K_n = 3_{n1}/3_{ж1}$; $K_u = 3_{u1}/3T_{ж1}$;

$$\sigma_n = 3_{n2}/3_{n1}; \sigma_u = 3_{u2}/3_{u1}.$$

Эффективность процесса создания изделия определяется отношением роста производительности труда и прошлого труда

$$\mathcal{E} = \lambda/\sigma. \quad (6)$$

Внедрение систем интегрированной автоматизации – следствие успехов, достигнутых в последние годы в области автоматизации умственного и физического труда.

Комплексная автоматизация производства и инженерного труда на основе широкого промышленного освоения систем автоматизированного проектирования (САПР), базирующегося, в свою очередь, на комплексной стандартизации информационных, программных и технических средств автоматизации, – генеральное направление развития системы технической подготовки производства.

Подобная САПР соединяет все стадии жизненного цикла изделия в единый комплекс работ по формированию, обеспечению и поддержанию высокого технического уровня и качества продукции и эффективному использованию ресурсов (рис. 1).

Предлагаемая САПР решает многие проблемы комплексной автоматизации производственного процесса, однако существующие недостатки не позволяют обеспечить в процессе производства оптимальные параметры качества изделий. Дело в том, что существует информационный разрыв между стадиями жизненного цикла изделия.

Поскольку на каждом этапе осуществляется поиск оптимальных решений, то возникает необходимость обратных потоков информации, то есть

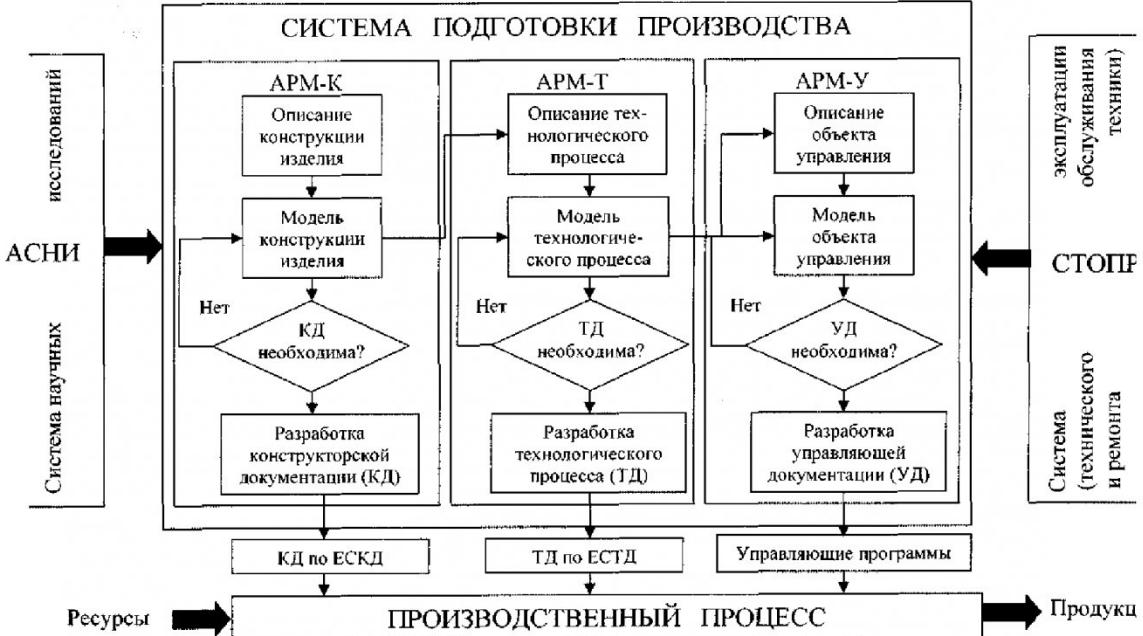


Рис. 1. Организационная схема САПР:

АРМ-К, АРМ-Т, АРМ-У – автоматизированное рабочее место соответственно конструкции изделия, технологического процесса и системы управления

должен идти итерационный процесс, предусматривающий возврат на предшествующие уровни и корректировку ранее принятых решений.

В условиях комплексной автоматизации требуется новый подход к созданию и эксплуатации системы подготовки машиностроительного производства.

Резкое повышение производительности процессов изготовления изделий, обусловленное внедрением гибких производственных систем, предъявляет повышенные требования к системе подготовки производства как по быстроте принятия решений, так и по их качеству. Автоматизация отдельных подсистем при сохранении традиционных каналов обмена информации между ними и традиционного разделения функций не позволяет синхронизировать работу гибкого производства и системы его подготовки, что приводит к большим экономическим потерям из-за быстрого старения принятых решений.

Выходом из этого положения является создание интегрированной системы подготовки производства, которая могла бы вырабатывать для всех производственных заказов оптимальные решения, учитывающие в комплексе такие факторы, как конструкция изделия, технологические процессы их изготовления, потребность в ресурсах, необхо-

димых для выполнения технологических процессов.

Такая система должна иметь общую базу данных, что исключает необходимость многократного ввода информации об изделии, технологических процессах и т.д.

Структура научно-технической подготовки производства приведена на рис. 2. Внутри этапов научно-технической подготовки также осуществляется итерационный процесс.

Научная подготовка производства представляет совокупность взаимосвязанных задач научного поиска и обоснования возможных направлений развития принципиально новой техники.

В результате их решения неопределенность общей цепи ($z = \{z_1, z_2, z_3\}$) и граничных условий подготовки производства последовательно уменьшается до норм, достаточных для развертывания конструкторских разработок ($z_3 \rightarrow z_1 \rightarrow z_2$).

Конструкторская подготовка производства является совокупностью взаимосвязанных конструкторских задач, решение которых последовательно повышает вероятность достижения конечной цели подготовки производства z путем выбора оптимального параметрического ряда изделий,

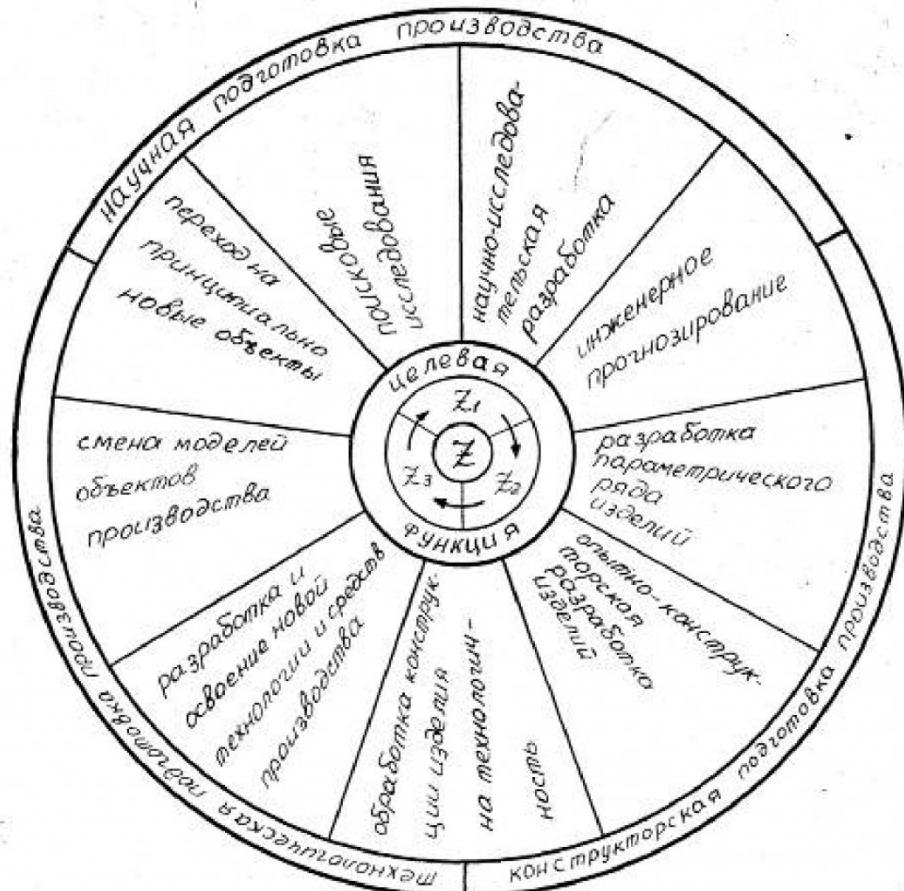


Рис. 2. Структура научно-технической подготовки машиностроительного производства

выбора из множества возможных и детальной проработки оптимальных конструктивных вариантов изделий каждого типоразмера, отработки конструктивных исполнений изделий до норм, достаточных для разработки и освоения наиболее рациональной технологии их изготовления ($z_1 \rightarrow z_2 \rightarrow z_3$).

Технологическая подготовка производства является совокупностью технологических задач, решение которых позволяет выбрать и освоить оптимальные пути и способы реализации общей цели z в конкретных производственных условиях ($z_2 \rightarrow z_3 \rightarrow z_1$). Последняя запись ($z_3 \rightarrow z_1$) означает, что перевод производства на принципиально новые объекты выдвигает перед наукой и самим производством новые задачи, которые рассматриваются и решаются как задачи научной подготовки производства. Далее, применительно к этим новым объектам техники цикл подготовки производства повторяется.

Однако эффективность автоматизации будет заметно выше, если данные, генерируемые в одной из систем, будут доступны в других системах, поскольку принимаемые в них решения станут более обоснованными.

Но для достижения должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных систем требуется создание единого информационного пространства (ЕИП) не только на отдельных предприятиях, но и в рамках объединения предприятий. Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их ЖЦ.

Такой подход, в отличие от компьютерной автоматизации отдельных процессов, позволяет решить задачу информационной интеграции как производственного цикла, так и всех процессов жизненного цикла (ЖЦ) изделия.

Потребность в едином информационном пространстве изделия привело к созданию концепции CALS (непрерывное сопровождение и информационная поддержка ЖЦ изделий).

Это соответствует отечественной аббревиатуре ИПИ – информационная поддержка изделия.

CALS-технологии обеспечивают комплексную компьютеризацию всех сфер промышленного производства.

Суть концепций CALS/ИПИ состоит в создании такой модели производственного цикла изделия, которая сопровождала бы изделие на всем

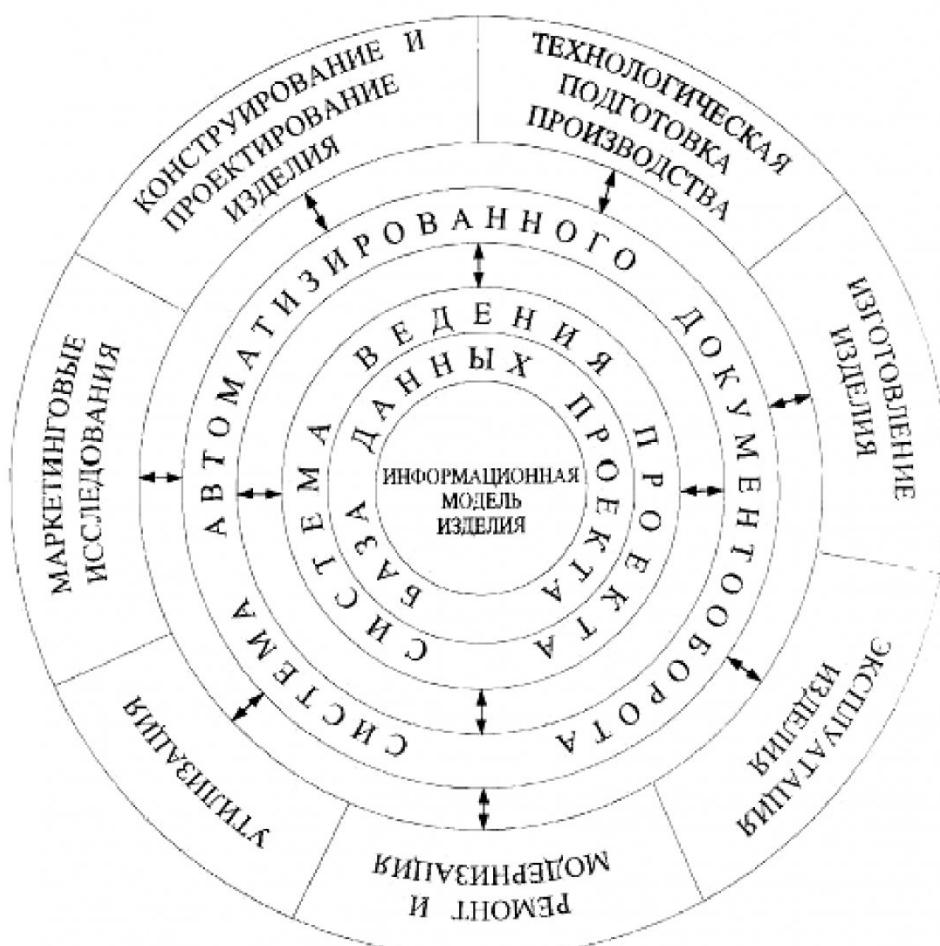


Рис. 3. Основные компоненты формирования единого информационного

протяжении производственного цикла изделия, а также на последующих постпроизводственных этапах ЖЦ изделия.

Появилась реальная возможность создания интегрированной информационной среды, обеспечивающей обмен данными между заказчиком, производителями и потребителями продукции, а также повышение управляемости, сокращение и в последующем полное исключение бумажного документооборота и связанных с ним затрат (рис. 3).

При традиционной методологии создания изделия этапы жизненного цикла выполняются в естественной последовательности, на каждом из которых решаются автономные слабовзаимосвязанные задачи.

Узким местом оказывается заключительный этап, связанный с изготовлением и тестированием опытных образцов и макетов. Изготовление физического макета начинается только после завершения этапов проектирования и подготовки производства.

В результате тестирования опытного образца могут обнаружиться ошибки и недочеты, которые были допущены на ранних этапах разработки. Исправляя такие ошибки, приходится возвращаться назад, а это связано с дополнительными временными и материальными затратами.

Одним из эффективных средств решения данной проблемы является применение систем имитационного моделированиями, в частности, систем виртуального моделирования.

Виртуальный прототип – это интегрированное цифровое представление изделия и его свойств, которые отражают пространственное взаимодействие компонентов и позволяет оценить работоспособность конструкции в целом. Виртуальный макет формируется по данным главной модели – информационной базе данных, содержащей полное описание проектируемого изделия.

Программное обеспечение виртуального макетирования, основанное на современных технологиях виртуальной реальности, позволяет заменить физический прототип изделия его виртуальным аналогом и в процессе компьютерного анализа решать те задачи, для выполнения которых раньше требовалась натурные испытания.

Виртуальный прототип создается сразу после выработки основных требований к изделию и формирования его концептуальной модели. Далее при детализации информационной базы модифицируется и виртуальный прототип.

Таким образом, процесс проектирования нового изделия сопровождается имитационным моделированием (виртуальным макетированием), что позволяет проводить тестирование параллельно с разработкой и тем самым своевременно обнаруживать и исправлять возможные ошибки (рис. 4).

Еще на этапе концептуального проектирования использование виртуального макета позволяет провести анализ альтернативных подходов и выбрать наиболее верное решение.

При конструировании виртуальное макетиро-

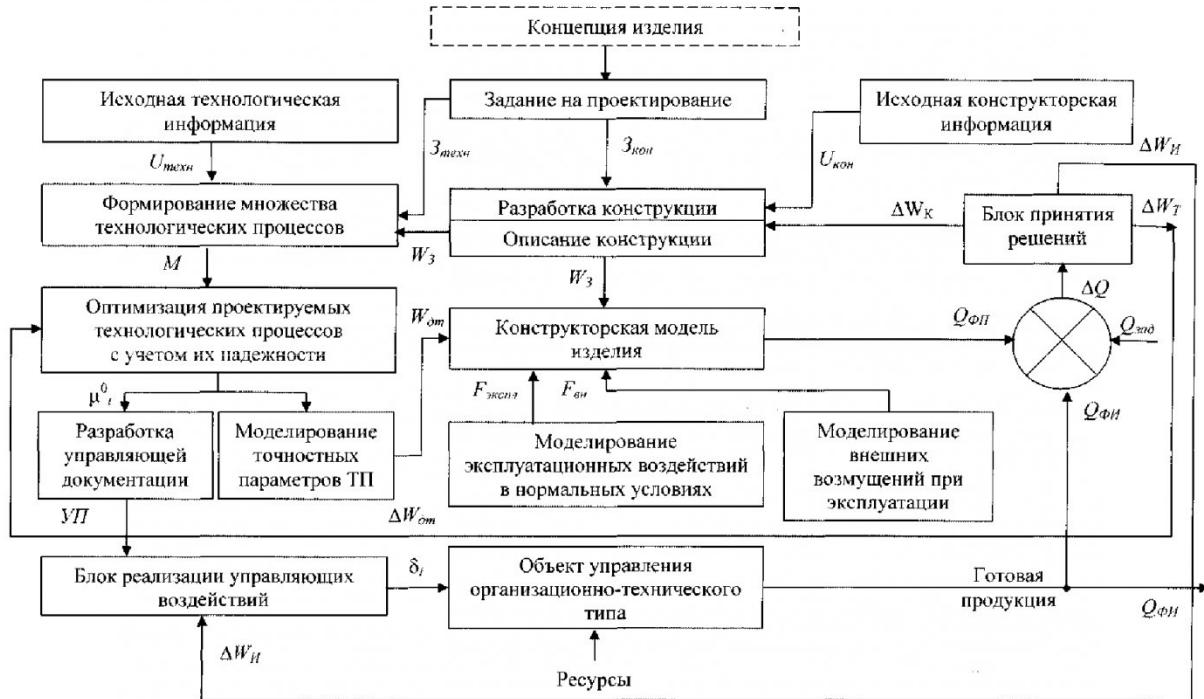
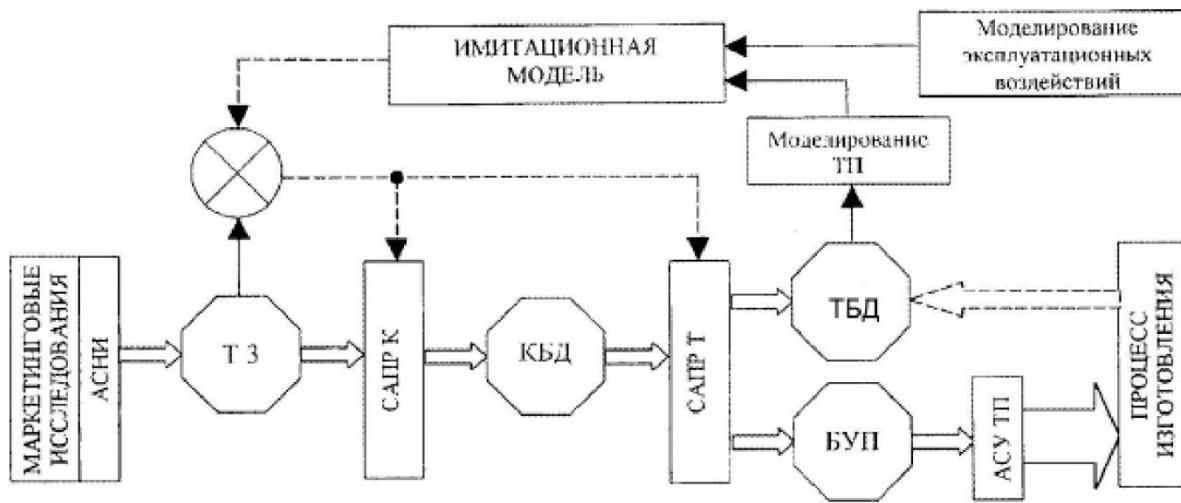


Рис. 4. Функциональная схема системы управления качеством на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации



СКВОЗНОЙ БЕЗУМАЖНЫЙ ПОТОК КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рис. 5. Блок-схема интегрированной информационной системы: ТЗ – техническое задание; КБД – конструкторский банк данных; ТБД – технологический банк данных; БУП – банк управляемых программ

вание помогает оценить внешнюю форму частей, ихстыковку и согласовать друг с другом в рамках единого изделия. Применение виртуальных маке-

тов повышает наглядность и упрощает процесс управления проектированием изделий в распределенной среде корпоративной сети. В рамках

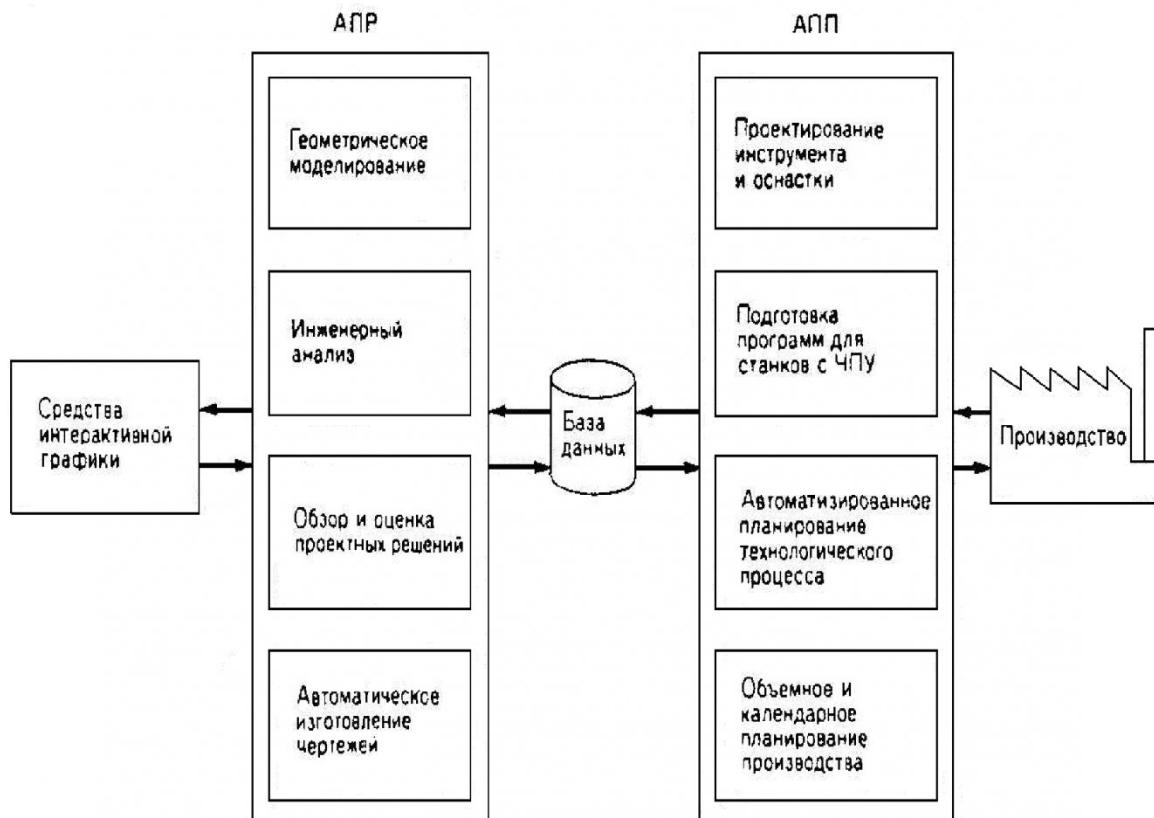


Рис. 6. Желательные взаимосвязи интегрированной базы данных САПР/АПП с процессами проектирования и производства

подготовки производства средства виртуального моделирования позволяют в реальном времени проконтролировать все технологические этапы изготовления изделия.

Блок-схема интегрированной информационной системы управления представлена на рис. 5.

Новые возможности обеспечивают параллельную работу специалистов различных профилей с имитационной моделью (электронным прототипом) и позволяют сэкономить время и материальные ресурсы.

Интегрированная информационная среда представляет собой хранилище данных, содержащее все сведения, создаваемые и используемые всеми подразделениями и службами предприятий, являющимися участниками ЖЦ изделия в процессе их производственной деятельности.

Производственная база данных представляет собой интегрированную базу, единую для САПР и автоматизированной системы управления производственными процессами. Она содержит всю необходимую информацию об изделии.

На рис. 6 показана структура связей базы данных с процессами проектирования и производства.

Повышение эффективности создания и использования сложной техники на основе CALS-технологий достигается решением следующих задач.

Во-первых, улучшается качество изделий за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений.

Так, обоснованность решений, принимаемых в АСУП, будет выше, если лица, принимающие такие решения, имеют оперативный доступ не

только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем (САПР, АСТПП, АСУТП), и, следовательно, могут оптимизировать планы работ, содержание заявок, распределение исполнителей, выделение финансов и т.п.

Под оперативным доступом следует понимать не просто возможность считывания информации из баз данных, но и легкость их правильной интерпретации, т.е. согласованность по синтаксису и семантике с протоколами, принятыми в АСУП. То же самое относится и к другим системам. Например, технологические подсистемы должны воспринимать и правильно интерпретировать данные, поступающие от подсистем автоматизированного конструирования.

Такого положения добиться достаточно сложно, если основное предприятие и организации-смежники работают с разными автоматизированными системами.

Во-вторых, сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление изделий.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания ранее выполненных удачных разработок компонентов и устройств, многих составных частей оборудования, проектировавшихся ранее машин и систем хранятся в базах данных сетевых серверов.

Они являются доступными любому пользователю CALS-технологиями.

Такая доступность обеспечивается согласованностью форматов, способов и руководств в разных частях общей интегрированной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев В. А. Компьютерно-интегрированные производственные системы: учеб. пособие / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2006. – 199 с.
2. Волчекевич Л. И. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2005. – 380 с.
3. Шаумян Г. А. Комплексная автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение, 1973. – 639 с.
4. Логашев В. Г. Технологические основы автоматических производств. – Л.: Машиностроение, 1985. – 176 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