

ИНФОРМАТИКА

УДК 658.512.011.56:681.324:621.9

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С.В. КУХТА

Предложена методология интеграции систем автоматизации проектирования и управления производством. Рассмотрена организация системы управления информационными потоками в интегрированной системе подготовки и управления производством. Разработана методика поэтапного создания специализированной интегрированной объектно-ориентированной системы.

Современное предприятие должно обеспечить реализацию всего производственного цикла изделия. При этом номенклатура выпускаемой продукции может изменяться в короткие сроки, так же как и состав участвующих в его выполнении организаций. Наиболее эффективное направление сокращения времени выпуска продукции – создание интегрированной системы автоматизации (ИСА) производственной деятельности предприятия. Разработка и внедрение интегрированных систем автоматизации проектирования и управления производством является в настоящее время одним из основных направлений интенсификации промышленного производства [1, 2].

Все более отчетливо проявляется логическое и информационное взаимопроникновение различных уровней автоматизации: бизнес-уровня (АСУ), уровня проектирования (САПР) и производственно-технологического уровня (АСУ ТП). Интеграция этих систем позволяет автоматизации стать реальной производительной силой и охватить предприятие в целом. Предприятие едино и должно функционировать в едином информационном пространстве. Только в этом случае появляется возможность оптимального и оперативного управления его производственной деятельностью.

Основной целью, в конечном счете, определяющей необходимость создания ИСА, является реализация активного управления ресурсами предприятия, что обеспечивает оперативное и эффективное решение информационных и организационных задач. Это обеспечивает сокращение сроков проектирования и производства, повышение уровня управляемости предприятием за счет автоматизации и информатизации всех этапов жизненного цикла изделия, включая маркетинг, сбыт и сопровождение [3].

Таким образом, под ИСА на предприятии понимается совокупность специализированных автоматизированных рабочих мест, программно, информационно, методически и организационно объединенных в единую многопользовательскую проектирующую среду [4].

Положения концепции комплексной автоматизации предприятий.

Методологии построения ИСА предприятия могут быть различными. Можно выделить пять основных направления создания ИСА:

- 1) разработка ИСА конкретного предприятия по его индивидуальному заказу фирмой-разработчиком программных систем с применением алгоритмических языков высокого уровня;
- 2) постепенная интеграция систем автоматизации производственной деятельности путем разработки или приобретения предприятием отдельных пакетов, каждый из которых решает отдельные функциональные задачи предприятия;
- 3) приобретение мощной системы комплексной автоматизации, состоящей из многих функциональных модулей, работающих в единой информационной среде и частично адаптированных к особенностям предприятия;
- 4) создание ИСА из отдельных систем, подсистем, пакетов, имеющих возможность представления своих выходных данных и знаний в информационной среде предприятия;
- 5) ускоренное создание ИСА конкретного предприятия под его индивидуальный заказ с применением инструментальной программной метасистемы при участии специалистов предприятия.

Каждое направление поддерживается различными программными продуктами, опирается на разные методы и технологии комплексной автоматизации, требует различных затрат предприятия и приводит к различным конечным результатам.

Анализ состояния и перспектив развития средств автоматизации позволяет сформулировать принципы, на которых должны строиться современные ИСА [2, 3, 5]:

- компьютерно-ориентированная автоматизация всех этапов жизненного цикла изделия;
- интеграция всех систем автоматизации производственной деятельности внутри одного предприятия;
- интеллектуализация;
- специализация ИСА каждого предприятия;
- индивидуализация рабочего места ИСА предприятия;
- базирование на достижениях современных информационных технологий инжиниринга (ИТИ).

Компьютерная автоматизация означает приоритет автоматизации информационных потоков; компьютерную ориентацию при автоматизации всех функций производственной деятельности предприятия; наличие обратных информационных связей; реализацию основных принципов проектирования сложных систем (модульность, открытость и т.п.).

Интеграция предусматривает единство сред, охватывающих все системы автоматизации и этапы производственной деятельности предприятия (методической, организационной, информационной, программной, технической).

Методическая интеграция предполагает единство и взаимосвязь методик проектирования. Методическая интеграция на основе знаний и использования интеллектуальных рабочих мест, создаваемых с помощью современных технологий автоматизации производственной деятельности предприятий, обеспечивает переход от пространства данных (централизованной или распределенной базы данных) к сегментированному пространству знаний. В этом пространстве функционируют модели изделий, элементами которых являются интеллектуальные объекты, изменяющие свои свойства при изменении свойств внешней среды (требований заказчика).

Организационная интеграция обеспечивается координацией обработки информации путем создания системы управления проектом. Основные организационные задачи: сокращение сроков запуска изделия; повышение уровня унификации и преемственности элементов изделий; экономия технических средств; сокращение накладных расходов и непроизводственных расходов, материалов.

Основными информационными задачами при управлении ресурсами предприятия являются: объединение информационных потоков; локализация и исключение дублирования информации; получение достоверной информации. Решение информационных задач, как правило, является ключом к задачам методическим и организационным. Интеграция информационных потоков в рамках единого проекта на уровне данных и знаний позволяет уменьшить избыточность информации и повысить достоверность, организовать передачу информации строго по назначению в необходимом перечне в назначенное время.

Организационно-техническая интеграция решает задачи организации доступа к данным на физическом уровне на основе использования стандартных сетевых технологий.

Для программной интеграции используется единая методика создания программных модулей на основе языка программирования высокого уровня.

Интеллектуализация – это разработка и использование интеллектуальных моделей и моделирования при решении всех функциональных задач на всех этапах жизненного цикла изделия; распределение на каждом рабочем месте знаний между человеком и машиной для решения функциональных задач, закрепленных за рабочим местом, соответствующим комфортной работе специалиста; проектирование не только объектов и процессов, но главным образом, параметризованных процедур их создания (процедурные модели); унификация и формализация процедур обработки знаний; использование баз знаний и интеллектуализация принятия решений при проектировании и управлении производством; организация непрерывного накопления (обучение и самообучение системы) знаний, используемых в производственной деятельности предприятия.

Специализация означает предметную и производственную ориентацию при создании системы автоматизации предприятия и учет специфики предприятий при создании систем их автоматизации.

Индивидуализация – это организация каждого рабочего места (оснащение программными средствами, формирование баз данных и знаний), ориентированного на конкретного специалиста и при его участии.

Эффективность компьютерной автоматизации предприятий определяется значительными успехами информационных технологий инжиниринга (ИТИ), базирующихся и разрабатываемых в последние годы технологиях обработки и передачи информационных потоков: CALS, CASE, WEB, RAD, Спрут, РДО и др. [3 – 6]. Но ИТИ являются самостоятельным научно-практическим направлением эффективно функционирования любого предприятия в современных условиях. ИТИ позволяют сократить время выпуска продукции за счет ускорения выполнения каждой функциональной задачи, совмещения во времени выполнения всех этапов производственной деятельности предприятия (concurrent engineering), организации виртуального бюро, обеспечивающего согласованное выполнение работ.

Таким образом, комплексная автоматизация предприятия базируется на ИСА предприятия, разрабатываемой индивидуально, по его заказу с учетом его особенностей, сохранения его накопленного опыта, без избыточных на каждом рабочем месте общинженерных решений. Состав системы, отвечающей перечисленным принципам, показан на рис. 1. Основу ИСА составляют программно-функциональные модули (ПФМ), позволяющие на основе унифицированных производственных правил и локальных баз данных решать определенные функциональные задачи производственной деятельности предприятия, т.е. ПФМ является интеллектуальной ячейкой, включающей знания и данные для решения функционально законченной инженерной задачи нижнего уровня. При необходимости ПФМ через общую операционную

среду может получать данные от других ПФМ или инициировать их функционирование. Механизм обращения к другим ПФМ может быть заложен как в самом модуле, так и представлять собой самостоятельный блок опроса и генерации сетей ПФМ. В зависимости от принятой проектной процедуры, ПФМ могут образовывать различные цепи. Цепь ПФМ, соответствующая проектному решению с лучшими показателями, реализует процедурную модель проектирования.

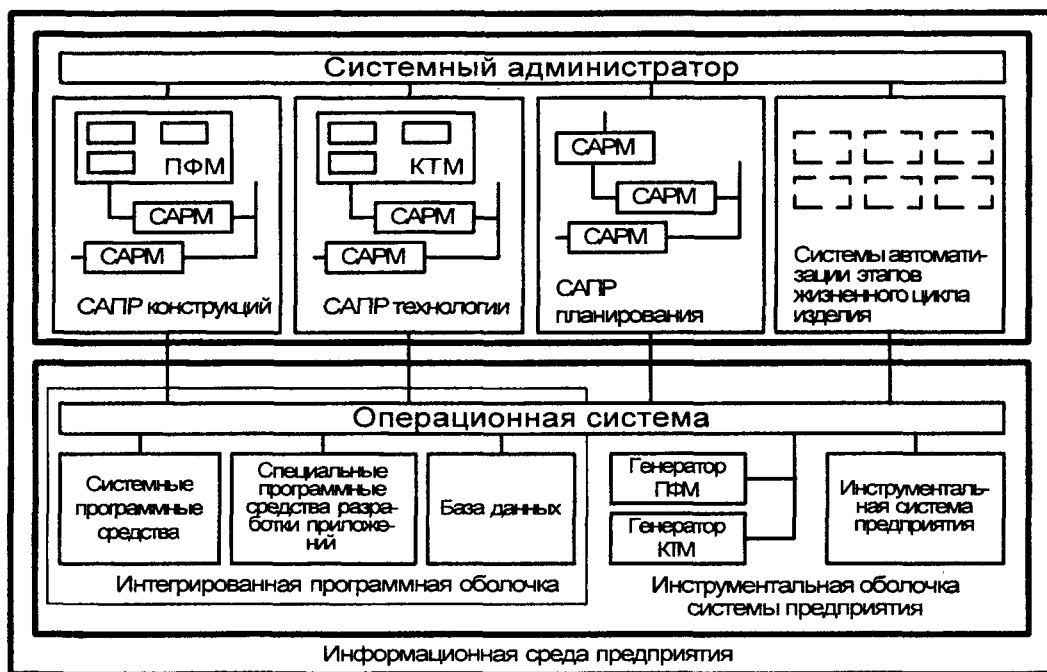


Рис. 1. Состав ИСА предприятия

Совокупность ПФМ, относящихся к решению определенной процедуры производственной деятельности предприятия, представляет собой прикладную систему автоматизации одного из этапов производственной деятельности, например, систему планирования, документирования, проектирования технологических процессов, диспетчирования и т.п.

Единая информационная среда предприятия строится на основе унифицированного представления и обмена данными и знаниями для всех систем, входящих в ИСА, на общей базе данных и моделей их обработки, соблюдения стандартов, позволяющих обмениваться информацией с внешними системами. Если в функции ИСА предприятия входит и ее развитие, последняя может быть дополнена инструментальной программной системой предприятия.

Правила формирования состояния объектов и ресурсов для их производства, определение их характеристик представляют совокупность инженерных знаний. Их можно разделить на специализированные и базовые, инвариантные к объекту производства. Такая обобщенная совокупность знаний представляет базу знаний конкретного производства.

Существенным является и то, что на каждом этапе проектирования создается не только информационный образ элемента, но также параметризованная процедура его проектирования. Это позволяет зафиксировать в базе знаний сам процесс создания нового объекта и использовать его для ускоренной технической подготовки и управления производством при производстве изделия определенного класса. Техническая подготовка и управление производством изделия осуществляются на основе созданных процедур путем введения только данных о параметрах требуемого изделия [3].

Комплексная автоматизация на основе ИТИ требует, как правило, изменения его организационной структуры и технологий решения функциональных задач, методов представления, обмена производственными данными и знаниями. ИСА каждого предприятия имеет свои специфические особенности. Каждое предприятие имеет отличные от других состав и структуру прикладных систем, базы данных, инженерные знания, системы документирования. За счет введения в ПФМ соответствующих правил и процедур, отражающих индивидуальные инженерные знания, подбора состава ПФМ можно индивидуализировать каждое рабочее место предприятия. Это создает условия для эффективной и комфортной работы прикладного специалиста.

На рис. 2 приведена поэтапная технология создания прикладной системы автоматизации производственной деятельности предприятия и изделий на ее основе. С использованием интеллектуальной программной метасистемы [2] разрабатывается ИСА предприятия: архитектура, оболочка, состав общесистемных модулей. Силами проблемных специалистов предприятия создается система ПФМ, процедурные модели, формируются централизованные и распределенные базы данных и знаний производственной деятельности, формируется прикладное программное обеспечение САРМов.

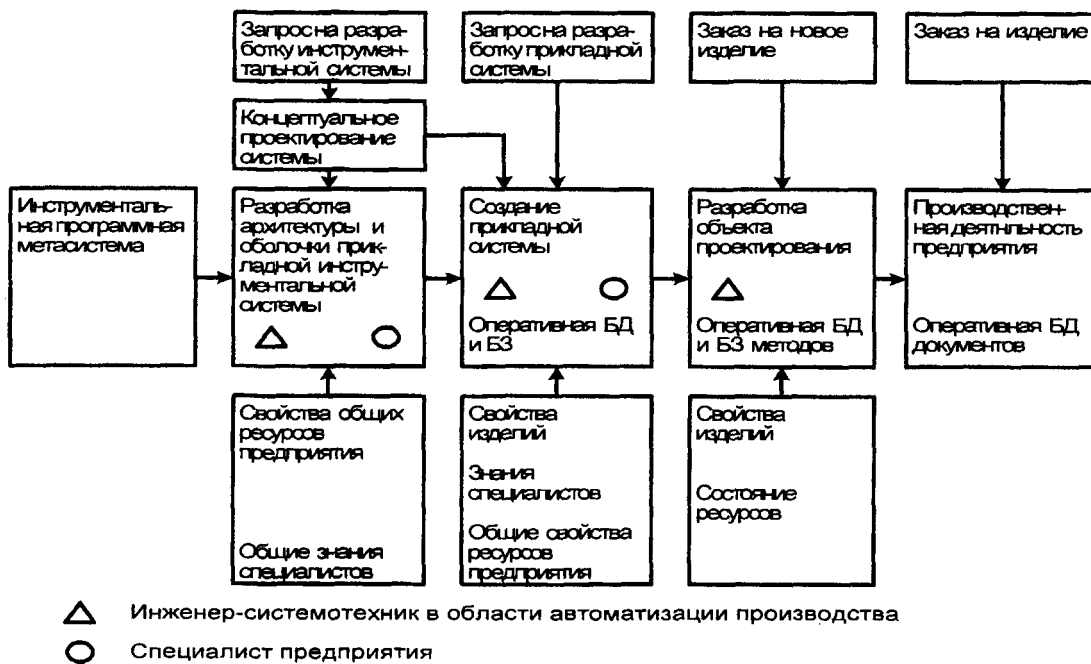


Рис. 2. Технология создания ИСА предприятия

Рассмотренная технология автоматизации предполагает унификацию представления, обмена и структурирования данных и знаний об объектах и процессах. Такая унификация должна быть осуществлена в рамках ИСА предприятия. Разрабатываемые в разных системах компьютерные модели представления изделий и технологического оснащения несовместимы друг с другом. Это создает трудности при обмене данными между различными подсистемами ИСА.

Информационная интеграция в ИСА

Интеграция – это многоуровневый процесс. Как показано в табл. 1, задачи интеграции решаются на 5 основных уровнях: техническом, программном, информационном, методическом и организационном. Создание интегрированной системы должно начинаться с информационного и методического уровней, так как именно на них определяется специфика решаемых задач для данного предприятия. В зависимости от совокупности взаимосвязей этих задач выбираются средства и методы интеграции 1-го, 2-го и 5-го уровней [6].

Таблица 1

Виды, цели и средства системной интеграции

| Вид интеграции | Цели | Средства |
|----------------------------|---|---|
| Организационно-техническая | Организация доступа к данным на физическом уровне | Стандартные сетевые технологии |
| Программная | Единая методика создания программных модулей | Язык программирования высокого уровня |
| | Автоматическая кодогенерация программ | Интерактивные среды программирования |
| Информационная | Единые словари понятий. Создание единых моделей данных и знаний | Среда ведения словаря. Среда создания модели данных и знаний |
| Методическая | Единство и взаимосвязь методик проектирования | База данных. База знаний |
| Организационная | Координация обработки информации | Система управления проектом |

Поскольку подготовка производства в основном связана с движением и преобразованием информационных потоков, то автоматизация информационных потоков дает большую отдачу, чем автоматизация материальных потоков. Это не означает, что нужно отказаться от автоматизации непосредственно технологических процессов, но нужно иметь в виду, что при ограниченности ресурсов вложенные в автоматизацию этапов подготовки средства дают большую отдачу, чем в автоматизацию самого производства. Это позволяет говорить о приоритете автоматизации информационных потоков и требует пересмотра некоторых положений в отношении комплексной автоматизации и технологий ее реализации. Очевидно также, что если нет возможности получить информацию, по результатам анализа которой можно принять решение о необходимости соответствующих управляющих воздействий на процессы производства, то сократить затраты на устранение дефектов производства и повысить на этой основе его эффективность не удастся.

Интеграция информационных потоков в единую информационную систему предприятия сокращает время доступа к информации, так как позволяет представить информацию в унифицированной, единой для всех пользователей и удобной форме; система управления может инициировать своевременное принятие оперативных решений за счет непрерывного отслеживания показателей; улучшаются связи между подразделениями; устанавливаются тесные контакты с заказчиками и поставщиками материалов и комплектующих. В результате сокращается время подготовки производства необходимой продукции и улучшается управляемость предприятием.

Основная идея ИСА заключается в возможности использования всеми участниками производственной деятельности предприятия и жизненного цикла изделия единой информационной модели изделия, при этом они работают с одной и той же информацией, и все используемые системы автоматизации понимают эту информацию одинаково. Тогда повышение качества продукции достигается благодаря использованию целого ряда достоинств такой модели, среди которых основные – достоверность, актуальность и непротиворечивость информации.

Информация об изделии – это набор данных, которые используются на всех этапах его жизненного цикла. Существуют следующие типы информации:

- конструкторские данные – совокупность информационных объектов, возникающих в процессе проектирования и разработки изделия, содержащая сведения о составе изделия, о геометрических моделях изделия, его компонентах и их технических характеристиках, об их отношениях в структуре изделия, о результатах расчетов и моделирования, о допусках на изготовление деталей;
- технологические данные – совокупность информационных объектов, возникающих на стадии технологической подготовки производства, содержащая сведения о способах изготовления и контроля изделия и его компонентов в процессе производства;
- производственные данные – совокупность информационных объектов, возникающих в процессе производства, содержащая сведения о статусе конкретных экземпляров изделия и его компонентов в производственном цикле;
- данные о качестве – совокупность информационных объектов, возникающих при всех видах контроля, ассоциированная с информационными объектами, описывающими изделие и его компоненты, содержащая сведения о степени соответствия конкретных экземпляров изделия и его компонентов заданным техническим требованиям, техническим условиям, требованиям стандартов и другим нормативным документам;
- эксплуатационные данные – совокупность информационных объектов, возникающих в процессе проектирования и разработки, содержащая необходимые для организации обслуживания, ремонта и утилизации сведения.

Информационная интеграция базируется на применении следующих интегрированных моделей: изделия; жизненного цикла изделия и выполняемых в его ходе бизнес-процессов; производственной и эксплуатационной среды. Классификация информационных моделей и их связь со стадиями жизненного цикла изделия приведены ниже в табл. 2.

С позиций системной архитектуры базовые информационные модели – это фундамент, на котором могут быть построены автоматизированные системы управления различного уровня. На основе одной и той же модели жизненного цикла и процессов производственной деятельности решаются задачи анализа эффективности процессов и обеспечения качества продукции. Интегрированная модель изделия обеспечивает обмен конструкторскими данными между проектировщиком и производителем, является источником информации для расчета потребности в материалах и создания электронных справочников по эксплуатации продукта и т.д.

Применение совместно используемых информационных моделей, являющихся единым источником информации, и стандартизованных методов доступа к данным является основой эффективной информационной кооперации всех участников жизненного цикла. Совместное проектирование и производство изделия может быть эффективным в случае, если оно базируется на основе единой информационной модели изделия.

Таблица 2

Классификация информационных моделей по стадиям жизненного цикла изделия

| Стадия жизненного цикла | Информационная модель | | |
|--|--------------------------------|---|--|
| | изделия | жизненного цикла изделия и выполняемых в его ходе процессов | производственной и эксплуатационной среды |
| Маркетинг | Маркетинговая (концептуальная) | Модель процесса маркетинга изделия | Модель маркетинговой среды |
| Проектирование и разработка изделия | Конструкторская | Модель процессов проектирования и разработки изделия | Модель проектно-конструкторской среды |
| Производство изделия | Технологическая | Модель процессов производства | Модель технологической среды |
| Реализация | Сбытовая | Модель процессов продаж | Модель среды, в которой осуществляются продажи |
| Установка и ввод в эксплуатацию, техническая помощь и обслуживание, эксплуатация, утилизация | Эксплуатационная | Модель процессов эксплуатации | Модель эксплуатационной среды |

Во всех случаях создание ИСА начинается со специализации рабочих мест. Далее – их последующая интеграция в подсистемы и межсистемная интеграция. Очевидно, что для успешного прохождения этого этапа необходимо заранее определить необходимую номенклатуру задач и специализированных рабочих мест, технологию их создания и объединения между собой в ИСА. Решающим фактором выбора пути и средств является стратегическая цель создания ИСА на предприятии. Ограниченные сроки создания проекта ИСА неминуемо требуют специальных программно-методических средств для анализа производственной деятельности предприятия и синтеза функциональной и информационной структуры будущей системы. В этом себя хорошо зарекомендовали программно-методические комплексы CASE-средств IDEF [5, 6].

Основное удобство этих диаграмм – возможность целостной и детальной проработки функциональной IDEF0 и информационной структуры IDEF1X будущей системы и параллельная увязка этой структуры с анализом функциональной структуры ИСА. Диаграммы IDEF0 позволяют последовательно перейти от функционального разделения этапов процесса проектирования к структуре информационных потоков между локальными рабочими системами. Автоматически можно получить технические спецификации специализированных рабочих мест и локальных подсистем до начала их разработки. Достигается объектная ориентация информации, создание системы информационных потоков и выделение информации, которая должна быть доступна через интегрированные базы данных. Для этого на основе созданных диаграмм IDEF0 создаются диаграммы IDEF1X [5, 6]. На основе этих диаграмм можно приступать к разработке проекта ИСА.

Базовыми элементами ИСА являются специализированные автоматизированные рабочие места. Реализация этих элементов может быть различна, в зависимости от условий и потребностей конкретного производства. Аппаратные средства являются необходимым элементом рабочего места, которые обеспечивают техническую возможность передачи данных и выполнения проектных функций. Требования к аппаратному оснащению конкретного рабочего места должны быть определены на этапе проработки проекта ИСА [5]. Базовые программные средства и элементы программного обеспечения могут быть организованы по-разному, но предпочтительнее создавать их по единой технологии и обеспечивать возможность информационной интеграции с уже имеющимися программно-методическими комплексами, в которых содержится накопленный опыт предприятия. Для этого может применяться унифицированный интерфейс, например, стандарт STEP [5, 6].

Специализированное программное обеспечение САРМ предназначено для автоматизированного или автоматического выполнения одного этапа проектирования. Специализированная система применима к ограниченному кругу задач или классу объектов, следовательно, возможна детальная проработка задачи и высокая степень автоматизации. Основным фактором, усложняющим создание специализированных систем, являются затраты на их разработку, поскольку инженерные знания, заложенные в такую систему, являются нетиражируемыми.

Интегрированная система проектирования содержит множество специализированных подсистем, выполняющих совокупность проектных задач. Распределение задач между ними осуществляется в соответствии с организацией процесса проектирования, со специализацией САРМ, структурой подразделений и интеллектуальным инженерным багажом сотрудников предприятия. Специализация таких рабочих мест осуществляется по функциональному принципу: на САРМ должен выполняться завершённый этап

проектирования изделия, узла. С этой целью весь процесс проектирования делится на этапы с таким расчетом, чтобы логика проектирования и проблемная область были понятны и доступны пользователям, выполняющим отдельные этапы, чтобы можно было бы совместить во времени выполнение нескольких этапов проекта (concurrent engineering) [1, 2].

Чтобы САРМ могли функционировать взаимосвязанно, необходимы протоколы обмена данными разного уровня. На рис. 3 показаны три уровня протоколов обмена данными. Уровни 1 и 2 не влияют на специализацию АРМ. Специализацию САРМ определяет прикладной уровень протоколов обмена данными. Если рабочие места функционируют в единой проектирующей среде, то для обмена данными используется информационная модель объекта проектирования. Она наиболее полно отображает спецификацию данных и структур объекта для поставленной задачи. Использование универсальных средств описания проектных данных, таких как STEP, IGES, DBF, порождает проблему правильной интерпретации этих данных разными программными средствами [5, 6].



Рис. 3. Уровни протоколов обмена данными между специализированными АРМ в ИСП

На первом этапе разработки специализированной системы, как правило, используются готовые программные модули (например, модули для анализа прочности), разработанные ранее на предприятии вне проекта ИСА. Обычно эти модули не объектно ориентированы. Информационная интеграция возможна только на уровне баз данных, инвариантных к проектируемому объекту.

На втором этапе разработки обеспечивается создание объектно-ориентированной системы, выполняющей расчеты, привязанные к конкретному объекту. Методическая интеграция возможна за счет логических зависимостей (производственных правил), относящихся к структурно-параметрическому синтезу конкретного изделия.

Представив САРМ таким образом, можно сказать, что интеграция есть согласование функционирования нескольких САРМ по обмену информацией (то есть данными и связями между ними) в рамках прохождения задания на проектирование и по администрированию прохождения проектов. То есть необходимым элементом такой системы является управление информационными потоками предприятия, структура которого должна быть проработана ранее на этапе методической интеграции. Основными функциями системы управления информационными потоками в ИСА являются: управление доступом к информационным моделям проектов; ведение архивов проектов; ведение баз данных информационных ресурсов; распределение потоков информации по специализированным рабочим местам; синхронизация обработки информации [4 – 6].

Управление доступом – это не только разграничение прав пользования информацией, но и возможность манипулирования проектными данными, сборки их в общий проект и выделение информации для конкретного САРМ. Архив сохраненных проектов необходим для проектирования изделий и технологических процессов по аналогу, а согласование обработки изменений – для автоматического формирования списка технических изменений. Это позволяет системе управления быть активной составляющей процесса проектирования и не только отслеживать изменение состояний объекта проектирования, но и формировать задания на проектирование его элементов, что является принципиальным отличием предлагаемой системы управления от любой другой.

САРМ в ИСА функционируют асинхронно. Таким образом, выполнение проектных операций на каждом рабочем месте при поступлении необходимой информации осуществляется независимо, и, как следствие, одно рабочее место может иметь несколько заданий на проектирование. Кроме этого, каждое

рабочее место может функционировать автономно, а значит, подключаться к ИСА по мере необходимости. Фактически речь идет о реализации мультиагентного принципа проектирования [1, 4, 6].

ИСА – неоднородная система. А это значит, что на специализированных рабочих местах выполняются прикладные задачи разной степени универсальности, то есть САРМ отличаются друг от друга по функциональному назначению. С другой стороны, для системы управления процессом проектирования в ИСА все САРМ информационно подобны. Поэтому, говоря о взаимосвязанном функционировании САРМ, можно выделить два независимых уровня описания функциональной и информационной структуры ИСА: уровень управления процессом проектирования и уровень выполнения проектных операций. Это позволяет разделить универсальный и проблемно-зависимый уровни обмена информацией в каждом САРМ.

Для выделения из текущего задания части проектных данных необходимо знать список объектов, проектирование которых ведется на САРМ. В соответствии с единой методикой описания информационной модели объекта проектирования состоит из трех элементов: словаря понятий прикладной области; библиотеки объектов; метасистемы. Поэтому каждое рабочее место работает только с теми объектами, которые описаны в ее локальной библиотеке и словаре. Используя эту информацию, система управления информационными потоками ИСА может выделить из всей информационной модели проекта только ту часть данных, которая необходима для конкретного рабочего места.

Обратная операция по добавлению данных, полученных от САРМ, в информационную модель всего проекта является более сложной. Помимо простого суммирования данных, в проекте необходимо отследить непротиворечивость изменения взаимосвязанных данных и в случае противоречия сгенерировать системе управления соответствующие сообщения.

Первоначально структура информационных моделей для каждого САРМ разрабатывается на основе данных инженерного аудита и проекта интеграции. Однако при любой практической реализации ИСА невозможно полностью избежать изменений и уточнений в информационных моделях. Поэтому система управления информационными потоками должна выполнять задачу согласования версий информационных моделей в ИСА. Реализация этой задачи возможна на основе только общей схемы описания всех информационных моделей ИСА.

Таким образом, информационная интеграция результатов труда различных специалистов осуществляется на уровне единой информационной модели объекта производства. Информационная модель содержит описание структуры и свойств как всего объекта, так и его элементов, что, в свою очередь, создает необходимые условия для методической интеграции. Для ее реализации необходимо существование единой унифицированной системы понятий, типов данных, их согласованности на входе и выходе каждого этапа и шага проектирования.

Методическая интеграция прикладных систем в ИСА

Методическая интеграция рассматривается как начальный этап работ по созданию интегрированной системы. Таким образом, информационная, техническая и программная интеграция осуществляется в соответствии с целями и задачами методической интеграции [6].

Методическая интеграция возможна на основе унифицированного описания информационной модели, которая играет роль информационного интерфейса, связывающего САРМ на уровне словарей понятий, входных и выходных данных и единой стратегии решения задачи, дает определенные преимущества перед другими способами реализации межсистемного информационного интерфейса [2, 5, 6]. Такая модель объектно ориентирована, исключает необходимость перекодировки или интерпретации данных при переходе на другие платформы и обеспечивает возможность прямого доступа к данным и полноту их передачи в любой момент решения проектной задачи из любого проблемно-ориентированного САРМ.

Представив процесс проектирования в виде ряда этапов (например, конструирование, разработка технологического процесса и т.п.) и шагов проектирования (например, выбор конструкторского решения, элемента, выбор оборудования или режущего инструмента и т.д.), методическую интеграцию можно рассматривать как возможность выполнения во взаимосвязи этапов проектирования на основе единой методологии. Основой для методической интеграции в автоматизации производственной деятельности предприятия является прикладная задача, а не универсальное рабочее место.

На основе опыта и анализа специализированных систем выделяем два типа САРМ – с проблемной специализацией и с объектной специализацией [2 – 5]. В первом случае программное и методическое обеспечение ориентировано на выполнение задачи, инвариантной к объекту. Например, программно-методический комплекс для анализа тепловых полей, деформаций, моделирования процесса обработки на станках с ЧПУ, черчения и т.п. Во втором случае – специальное программное и методическое обеспечение ориентировано на выполнение комплекса проектных задач только для определенного класса изделий в определенной области. Например, конструирование и проектирование технологического процесса и установочных приспособлений для обработки сложнопрофильной детали, решение комплекса задач,

связанных с проектированием режущего инструмента, комплекта специального мерительного инструмента для комплексного контроля профиля детали.

Проблемно-ориентированное САРМ представляет собой интерактивную программу, функции которой сгруппированы для решения определенных задач. Исходные данные, как правило, существуют в унифицированном виде (например, данные для расчета стержней, балок, оболочек и т.д.). Результат их работы – тоже стандартизованный набор (чертежи, массивы точек, графики и т.д.).

В то же время каждый реальный объект представляет собой уникальную структуру, в процессе проектирования которой необходимо использовать огромное количество как расчетных процедур, так и поверочных таблиц, результатов конкретного опыта. С точки зрения информационной интеграции это приводит к огромному количеству разнообразных информационных моделей, вследствие чего делаются попытки изобрести различные универсальные информационные интерфейсы, позволяющие обрабатывать данные различных систем (IGES, VDA-FS, STEP) [5, 6].

При объектной ориентации САРМ важной частью специального программного и информационно-обеспечения является структура информационной модели объекта. При этом в состав программно-методического комплекса САРМ должны быть включены средства описания структуры нового объекта (метамодели объекта) и доступа к уже созданной модели, накопления и обработки знаний, которые используются при решении задач структурного и параметрического синтеза, автоматизированного построения и моделирования геометрии, текстового и графического документирования, проектирования технологического процесса и т.п. В этом случае легко решается задача структурной модификации (внешение изменений, проектирование по аналогу) на уровне изменения проектных данных с последующим структурно-параметрическим синтезом уже нового изделия или технологии его изготовления.

Структурно-параметрический синтез изделия в методологии объектно-ориентированного проектирования производится на основе банка знаний, представляющего собой метамодель определенного класса изделий, баз знаний и баз данных. Метамодели вводятся для описания знаний обо всех известных альтернативных решениях применительно к данному классу изделий на всех иерархических уровнях декомпозиции этих изделий. Построение метамодели должно производиться в соответствии с объектным подходом. Основу метамодели составляют интеллектуальные объекты [2, 3].

Интеллектуальный объект – это объект, поведение которого (метод) определяется элементами баз знаний. В метамодель может входить два типа интеллектуальных объектов: неструктурированные и структурированные.

Неструктурированным интеллектуальным объектом является независимая информационная единица (например, деталь), имеющая набор входных параметров, внутренних атрибутов и методов. Такой подход обеспечивает реализацию принципов ограничения доступа и модульности.

Структурированным интеллектуальным объектом является независимая информационная единица (например, узел), имеющая набор входных параметров, внутренних атрибутов и методов и принадлежащий ему «И/ИЛИ» граф подчиненных интеллектуальных объектов.

Интеллектуальный объект – замкнутое информационное пространство, обладающее набором свойств, ограниченных доменами значений, базами данных и знаний и информационным входом. Интеллектуальные объекты обладают методами, необходимыми для определения их свойств (см. рис. 2). Методы объединяются в классы в соответствии с родовидовыми отношениями инженерных дисциплин и их разделов. Каждый метод интеллектуального объекта обладает свойствами экспертных систем, поскольку для выполнения своих функций использует информационно связанный набор модулей инженерных знаний, представляющих собой производственные правила, объединенные в ранжированную семантическую сеть модулей инженерных знаний, которые объединяются в функциональные библиотеки – базы знаний (БЗ).

Все свойства, не определяемые в имеющихся в составе метода модулей инженерных знаний, являются исходными для этого метода. Методы, информационно связанные с объектом, называются объектно-зависимыми, или методами интеллектуального объекта. Подключение к работе функциональных модулей объектно-ориентированных методов осуществляется системой управления интеллектуальной САПР по мере готовности исходных данных для модуля и выполнения условия его применения. Используемые в модуле инженерных знаний системные свойства формируют его связи по входу-выходу. На основании анализа входных свойств в предусловии модулей инженерных знаний производится обращение к программному модулю, осуществляющему вычисление значений выходных свойств по значениям входных. При внедрении метода в объект входным и выходным переменным его ставятся в соответствие переменные объекта.

Метасистема (структурированный интеллектуальный объект) – набор связанных интеллектуальных объектов, объединенных в метамодель, и методы интеллектуальных объектов. Описание метасистемы – главная задача разработки прикладной интеллектуальной САПР. Следующий этап – разработка баз

знаний для использования их при разработке методов интеллектуальных объектов. Разработка баз ведется в специализированной среде формирования баз знаний. Методы интеллектуальных объектов также являются элементами баз знаний, поскольку одни и те же методы могут быть использованы при описании разных объектов.

Существует общая последовательность построения базы знаний [2, 3]:

1. Выделение объекта из метасистемы.
2. Определение набора методов.
3. Для каждого метода определяются входные и выходные переменные из набора свойств объекта.
4. Для каждого метода объекта определяется, является ли он единым расчетным блоком с механизмом в виде исполняемого файла или состоит из набора модулей инженерных знаний.
5. При необходимости каждый метод разбивается на шаги, представляющие собой крупные расчетные блоки, которые используют свои базы знаний.
6. Для каждого метода формируется набор модулей инженерных знаний. Для каждого модуля инженерных знаний определяется его тип и набор входных и выходных переменных. Входные и выходные переменные модуля инженерных знаний являются либо переменными методами, либо терминами словаря базы знаний.
7. Для методов, содержащих набор модулей, строится семантическая сеть модулей с использованием инструмента подсистемы формирования знаний.

Таким образом, объектно-ориентированное САРМ является более высокой формой организации рабочего места инженера. Оно может выполнять функцию генератора проектов изделий в отличие от проблемно-ориентированного САРМ, которое в основном предназначено для моделирования и определения частных свойств и параметров элементов изделия с последующим ручным проектированием и компьютерным получением его результатов.

В предлагаемой методологии в процессе выполнения каждого шага проектирования реализуется законченная проектная процедура или метод. Например: расчет диаметра вала и последующий выбор подшипника, последующий выбор оборудования, режущего инструмента и т.п. Каждому шагу можно поставить в соответствие метод и два состояния объекта: до и после выполнения шага проектирования. Нет необходимости фиксировать эти промежуточные состояния в виде чертежей, текстовых документов, операционных эскизов или информационных блоков. Они могут быть легко воспроизведены в любой момент, если необходимо, как проекция с информационной модели. Процесс проектирования в этом случае складывается из последовательности шагов. Объект проходит множество состояний, определяемых методами. При решении задачи на i -том шаге создается информация, необходимая для выполнения одного или нескольких последующих шагов. Несколько шагов проектирования образуют этап. Выделение этапа характеризуется завершенностью части проектной задачи. Каждый этап обычно выполняется специалистом или группой конкретного профиля и начинается только после завершения предыдущего этапа, хотя возможна и параллельность. Если в роли разработчиков проекта выступают несколько узкопрофильных специалистов, рабочее место может быть сориентировано на решение нескольких этапов проектирования, которые этими специалистами выполняются по очереди. При решении задачи широкопрофильным специалистом возможно полное решение проектной задачи на одном САРМ. Специализация рабочего места определяется субъективным фактором – квалификацией специалиста и организационной структурой системы проектирования.

Поскольку объектно-ориентированная специализированная система практически не тиражируема (или тиражируема только в какой-то ее части), она обычно создается с нуля на каждом предприятии. Однако она должна вобрать в себя все функции уже существующих проблемно-ориентированных систем. Выполнение второго этапа разработки (объектной ориентации) требует средств накопления и обработки знаний, наличия инструментальных средств для описания метамодели объекта.

Для создания САРМ используется формализованная методика проектирования объекта, которая содержит правила выделения классов изделий; правила формирования структуры и набора свойств класса изделий для описания метамодели изделия; правила определения свойств или значений параметров элементов; правила формирования баз знаний, выбора правил принятия решений, критериев и методов вариантного проектирования.

На основе этой методики формируются базы данных, базы знаний и модели поиска оптимальных решений по выбранным критериям. Далее осуществляется методическая интеграция отдельных САРМ. Задача решается на основе функциональной и информационной структуры проектируемой системы, созданной с применением методологии IDEF0 и IDEF1X (рис. 4) [4].

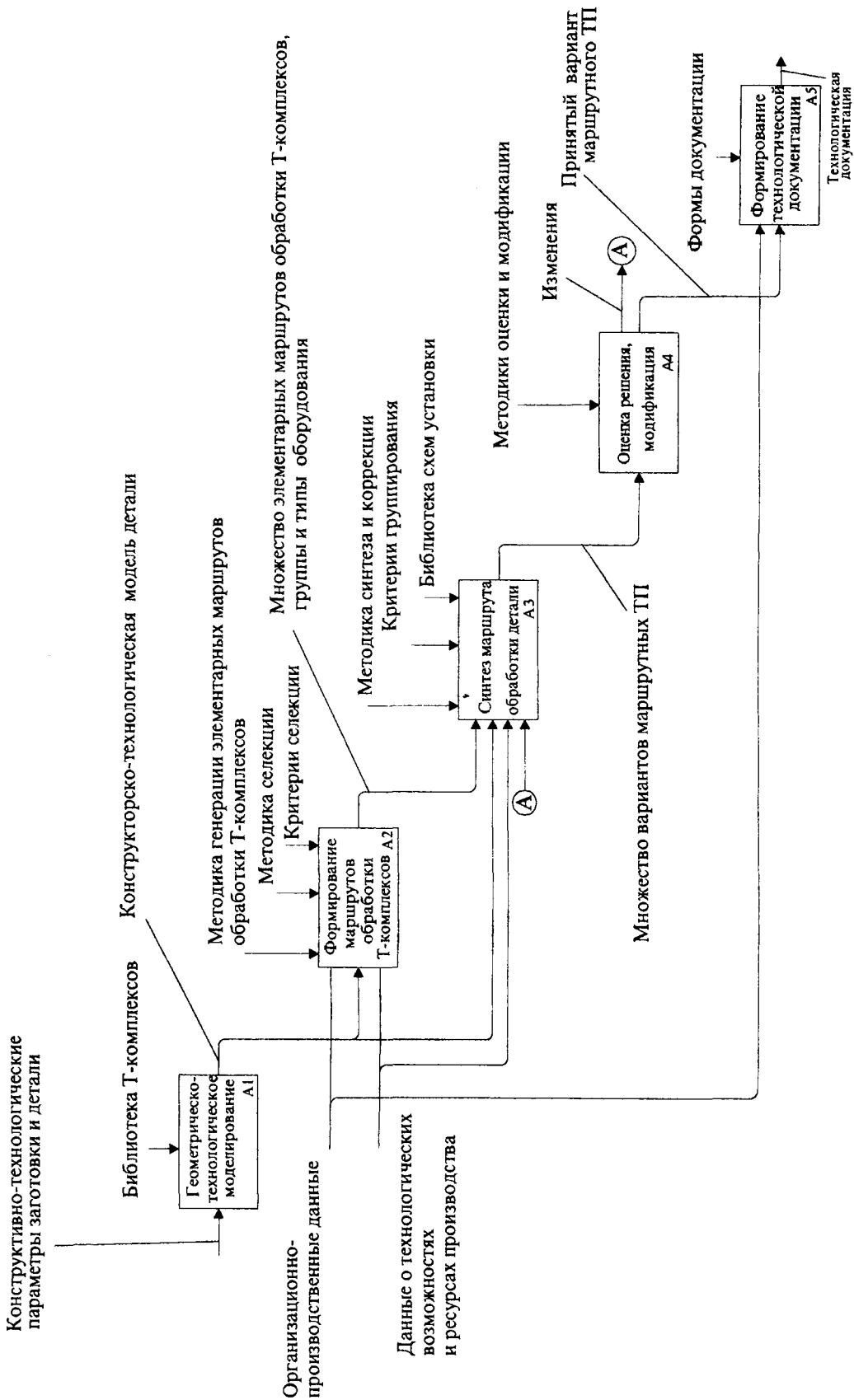


Рис.4. Функциональная модель автоматизированной системы синтеза маршрутных технологических процессов изготовления деталей

Значительное сокращение времени цикла конструкторско-технологической подготовки может быть получено за счет одновременного выполнения задач (concurrent engineering) на различных этапах проектирования [2, 4]. Однако это возможно только в том случае, если методическое обеспечение САРМ построено на основе взаимосвязанных структурно-параметрических моделей или метамodelей. Это означает введение связей между параметрами и структурой объекта на этапах конструкторской и технологической подготовки и реализуется через установление логических и функциональных связей между элементами и методами разных этапов подготовки производства. В общем виде решение такой задачи может быть представлено следующим образом.

На этапе концептуального (функционального) проектирования на основе технического задания определяется набор функций, которые необходимо и возможно реализовать различными способами в имеющемся пространстве ресурсов [3].

В соответствие заданному набору функций должно быть поставлено некоторое множество принципиальных схем или структур изделия. Эти структуры должны соответствовать применимым конструкторским решениям [2, 3]. Полученную информационную структуру условно назовем проектно-конструкторским решением. Для каждого решения определяются граничные значения параметров, при выходе за которые оно не может быть реализовано, то есть устанавливается взаимосвязь между проектно-конструкторским решением и информационными и материальными ресурсами для его реализации. В процессе конструирования производится окончательный выбор структуры конкретного объекта и выбор однозначной совокупности конструкторских решений, ему соответствующей.

Это осуществляется с учетом взаимосвязи между конструкторскими решениями и с учетом возможности изготовления создаваемой конструкции. В качестве информационной базы целесообразно использовать библиотеку конструкторско-технологических модулей (КТМ), устанавливающих взаимосвязь между конструкторским решением и вариантами технологии для его изготовления (см. рис. 1) [4]. Результат конструкторской подготовки в этом случае – создание информационной модели, элементами которой будет набор конструкторских решений и методов, связывающих конструкторские и технологические решения между собой. При технологической подготовке на основе полученной совокупности КТМ формируются наборы технологических решений, планы обработки деталей и сборки изделия. Решение задачи технологической подготовки осуществляется во взаимосвязи с требованиями, предъявляемыми системой планирования и управления производством [2, 4].

Таким образом, задача технологической подготовки решается в два этапа: структурный синтез альтернативных технологий на основе КТМ и технологических решений, их образующих; выбор наилучшего решения, определение параметров технологических решений, на основе которых создается детальный операционный технологический процесс, и в случае необходимости – управляющая программа для оборудования ЧПУ.

При традиционном проектировании, когда информация с одного рабочего места на другое передается через бумажные документы, основные потери времени связаны с передачей и изучением документации разработчиком, выполняющим следующий этап. Непонимание или неправильное толкование приводит к необходимости согласования полученных решений с разработчиком, выполнившим предыдущий этап проектирования, и их коррекции. Использование при обмене данными стандартного, чаще всего однонаправленного, интерфейса позволяет сократить время на прямую передачу информации, но время итераций практически не сокращается, так как согласование по-прежнему осуществляется на основе бумажных документов.

Проектирование с использованием единой информационной модели (двунаправленный информационный интерфейс) обеспечивает довольно значительную экономию времени на согласование и в итоге – сокращение времени цикла проектирования.

При параллельной обработке информации сокращение цикла подготовки производства оказывается более существенным. Возможны два варианта совмещенного проектирования: асинхронное, когда при выполнении первого этапа готовится информация; синхронное для второго этапа, когда два разработчика совместно выполняют каждый шаг проектирования и принимают решение о его завершении, что делает ненужным согласование полученного решения при завершении каждого этапа проектирования [2 – 4].

Выводы

1. Одним из важнейших условий эффективности деятельности предприятия является комплексная автоматизация обработки информационных потоков по всем этапам жизненного цикла изделия.
2. Эффективность системы автоматизации предприятия зависит от выбранного направления, методологии, требует профессиональной предварительной проработки. Важнейший этап автоматизации производственной деятельности предприятия – этап концептуального проектирования.

3. Перспективное направление автоматизации – автоматизация на основе ускоренного создания ИСА предприятия и технологий, базирующихся на достижениях современных информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции (CALS-технологии).

4. Распределение задач (специализация или методическая ориентация) САРМ является первым этапом, а затем и основным результатом методической интеграции, обеспечивающим полное решение общей проектной задачи и максимальное сокращение сроков ее выполнения.

5. Выполнение второго этапа специализации требует специальных средств накопления и обработки знаний, наличия инструментальных средств, с помощью которых осуществляется объектная ориентация разрабатываемой системы. Это средства для описания структуры объекта и ведения словарей, использования знаний для задач структурного и параметрического синтеза, автоматизированного построения различных моделей, автоматизации документирования и автоматизированного формирования системы управления проектом.

6. Информационная интеграция результатов труда различных специалистов осуществляется на уровне единой информационной модели объекта производства. Информационная модель содержит описание структуры и свойств как всего объекта, так и его элементов, что, в свою очередь, создает необходимые условия для методической интеграции.

7. Наряду с методическими проблемами при интеграции возникает задача управления процессом проектирования в распределенной многопользовательской системе. Поэтому методическая интеграция тесно связана с организационной структурой конструкторского и технологического бюро и должна выполняться с учетом этой взаимосвязи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойков В.П., Махнач В.И. Системы автоматизированного проектирования – реальность и задачи // Моделирование интеллектуальных процессов проектирования и производства (CAD/CAM*98). – Минск: ИТК НАНБ, 1999. – С. 4 – 14.
2. Горнев В.Ф. Проблемы и технологии комплексной автоматизации // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 12 – 18.
3. Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 376 с.
4. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.
5. Норенков Н.П. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 360 с.
6. Hannam R. Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realization. – Harlow: Addison Wesley, 1997. – 258 p.