

# Опыт разработки и внедрения информационной системы автоматизации управления производством

Владимир Брыль, к.т.н., ОАО НИЦЭВТ

*Выбор информационной системы (ИС) современного производственного предприятия подразумевает полный анализ ее внутренней организации, чтобы возможно было соотнести свои требования к ИС с ее реальными возможностями. Оптимальным вариантом представляется моделирование типичных ситуаций конкретного производства средствами различных ИС. В статье рассмотрены критерии выбора покупной ИС и представлена альтернатива — опыт внедрения собственной разработки.*

## КРИТЕРИИ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Организация современного производства практически невозможна без использования специализированной информационной системы, обеспечивающей учет всех необходимых ресурсов и затрат и позволяющей контролировать происходящие на производстве процессы. Необходимость информационной системы для автоматизации управления производством не вызывает ни у кого сомнения, но в вопросах выбора системы такого единодушия не наблюдается, поскольку каждая из систем обладает как определенными достоинствами, так и рядом недостатков. Проблема выбора усугубляется тем, что руководство предприятия, собирающееся автоматизировать свою деятельность, как правило, не очень хорошо представляет, что оно получит в результате внедрения той или иной ИС, и поэтому, чаще всего, выбор осуществляется не на основании четкого понимания критериев выбора, а из общих соображений или даже в результате случайного стечения обстоятельств.

Выбор ИС может осуществляться по самым различным критериям, зависящим от множества факторов. Перечень таких критериев довольно разнообразен, а их значимость определяется особенностями конкретного предприятия. Несмотря на это можно выделить существенные критерии, являющиеся качественными для оценки ИС. Игнорирование таких критериев, или недостаточная оценка их значимости может привести в дальнейшем к большим дополнительным затратам и существенным задержкам производственных процессов во времени. Следует подчеркнуть, что в конечном итоге эти критерии влияют на совокупную стоимость владения (total

cost of ownership — TCO) ИС, которая включает в себя не только стоимость приобретения ИС, но и стоимость ее дальнейшей эксплуатации.

### Функциональность ИС

Важнейшим критерием любой ИС является функциональность системы, т.е. наличие в системе функций, обеспечивающих решение различных видов задач, необходимых для автоматизации деятельности предприятия.

Существует два вида функциональности:

- универсальная функциональность, мало зависящая от особенностей конкретного производства — «склады», «договоры», «финансы», «кадры» и др.;

- специализированная функциональность, тесно связанная с самим производством — «технология», «изделия», «производство», «диспетчирование» и др.

Наличие универсальной функциональности в системе необходимо для решения типовых задач, стоящих перед предприятием. Как правило, в различных ИС различные реализации универсальной функциональности мало чем отличаются друг от друга по предоставляемым возможностям, поскольку требования к решению типовых задач являются общепринятыми и давно формализованы. В случае, если предприятию не подходит универсальное решение типовой задачи, к ИС к предъявляются дополнительные требования — *адаптивности и развиваемости*.

Наличие в ИС специализированной функциональности, соответствующей специфике производственного предприятия и стоящим перед ним задачам, является обязательным требованием к системе. Такая функциональность, хотя и обладает некоторыми

общими чертами, свойственными различным типам производства, содержит в себе существенные отличия и особенности, которые сильно влияют на весь производственный процесс и требуют своего учета и анализа. Несмотря на адаптивность многих ИС, учет в них специфики конкретного производства может существенно изменить используемые решения и сильно повлиять на связи с другими подсистемами. В конечном итоге адаптация универсальных алгоритмов под особенности конкретного производства может быть сопоставима с реализацией специализированных алгоритмов. В этой связи наличие специализированных решений для конкретной предметной области является необходимым условием для успешного внедрения и дальнейшей эксплуатации системы.

При выборе ИС необходимо также учитывать наличие избыточной функциональности в системе, т.е. функциональности, которая не востребована в данный момент на конкретном предприятии. С одной стороны, ничего плохого в наличии избыточной функциональности вроде бы нет. Но с другой стороны, любая дополнительная функциональность имеет связи внутри системы с другими функциями, которые усложняют интерфейс пользователя и ведут к необходимости внесения в систему дополнительной информации. Сложность разработки многофункциональных систем и большие затраты на разработку приводят к тому, что даже если предприятие приобретает ИС с искусственно ограниченной функциональностью (т.е. без избыточной функциональности), она все равно оплачивает такую функциональность за счет более высокой стоимости остальной функциональности.

## Организация единого информационного пространства

Второй важнейший критерий ИС — это принципы организации *единого информационного пространства (ЕИП)* в системе. Организация ЕИП влияет на все функции и характеристики системы. В конечном итоге, возможность или невозможность решения тех или иных задач, адаптивность и развиваемость ИС определяются принципами, заложенными в организацию ЕИП.

Организация ЕИП определяется:

1) языком представления информации в ИС и его выразительными возможностями — слабые выразительные возможности языка представления информации приводят к потерям различного рода информации из предметной области при описании ее в ЕИП, а также ведут к образованию жестких структур хранения данных, требующих в дальнейшем их модификации при изменении требований к задаче;

2) средствами представления обобщений и укрупнений — обработка больших объемов разнородной информации невозможна без средств обобщения и укрупнения, позволяющих выполнять массовые операции над большими массивами близкой по смысловому содержанию информации, причем должна обеспечиваться возможность динамического формирования таких массивов;

3) принципиальной возможностью представления и обработки *метаинформации* (информации об информации) — для решения сложных задач недостаточно иметь только фактическую информацию, но также необходимо учитывать метаинформацию, позволяющую значительно более эффективно организовывать управление обработкой массивов конкретной информации;

4) средствами отображения в ИС всех существенных взаимосвязей между отдельными компонентами информации — решение многофункциональных задач возможно только при наличии всевозможных связей между компонентами информации, и чем сложнее задача, тем разносторонней должны быть такие связи;

5) средствами поддержки семантики — обработка разнородной информации, составляющей ЕИП, невозможна без формального представления и строгого соблюдения

семантических правил, обеспечивающих целостность и непротиворечивость всей информации в системе;

б) степенью интеллектуальности средств поиска и анализа информации — одной из основных целей создания ЕИП является необходимость одновременного анализа различной информации, относящейся к разным функциям системы, при этом, учитывая сложность организации ЕИП и невозможность заранее предугадать и запрограммировать все возможные запросы к системе, необходимость интеллектуальных средств поиска и обработки информации в ЕИП более чем насущна.

Отсутствие каких-либо видов перечисленных компонентов при разработке ЕИП или недостаточная развитость этих компонентов приводят к существенному усложнению самого ЕИП и всех прикладных алгоритмов. Это, в свою очередь, влечет за собой снижение адаптивности и развиваемости ИС, а также вызывает большие проблемы и затраты при добавлении новой функциональности. Эффективная же организация ЕИП позволяет решать не только существующие на данный момент задачи, но и со сравнительно небольшими затратами подключать новую функциональность с минимальными изменениями в существующей схеме организации ЕИП.

### Адаптивность и развиваемость ИС

Адаптивность системы — это адекватность системы к настройке существующей в ней функциональности на требования конкретного производства.

Следует различать адаптивность системы и возможность конфигурирования системы. Конфигурирование системы — это задание определенных параметров в системе, обеспечивающих работу системы для различных условий. При конфигурировании все возможные варианты конфигурирования заранее задаются в системе, а настройка заключается в выборе одного из этих вариантов. Адаптивность же системы, в отличие от конфигурирования, позволяет настраивать систему на заранее неизвестные варианты, учитывая различные нюансы, необходимые для решения задачи.

Для обеспечения адаптивности ИС должна быть *открытой* системой, с реализованными в ней специальными

механизмами, обеспечивающими простое изменение и расширение описаний используемых в системе объектов, и возможностью изменения прикладных алгоритмов.

Как правило, мощные ИС имеют большие возможности по конфигурированию системы, но обладают низкой адаптивностью. Это связано с тем, что в крупных ИС реализован большой объем различной функциональности с большим количеством связей, которые необходимо менять при адаптации системы. Поэтому разработчики таких систем заранее задают различные варианты решения для того, чтобы установить заранее все возможные связи в информации.

Развиваемость системы — это возможность включения в систему новой, заранее неизвестной функциональности (в отличие от адаптивности системы, которая обеспечивает настройку существующей в системе функциональности).

Добавление новой функциональности в систему и связывание ее с уже существующей функциональностью вызывает большие проблемы при построении многофункциональных систем. Это обусловлено необходимостью изменения существующего представления информации в системе для учета новых данных и их взаимосвязей, а также необходимостью изменения существующих алгоритмов, чтобы они обеспечивали работу с новой информацией. В настоящее время существует много систем с «развитой» функциональностью, охватывающей решение большого спектра задач, но имеющих жесткую структуру, в которой каждая задача имеет свое место, а включение новых задач приводит к изменению самой структуры. Изменение функциональности в таких системах приводит к неоправданно большим затратам.

ИС, обладающие высокой адаптивностью и развиваемостью, способны более гибко подстраиваться под различную специфику производства и требуют меньших затрат на сопровождение.

### Возможность поэтапного внедрения

Стоимость ИС, обеспечивающих автоматизацию управления достаточно крупных предприятий, бывает высокая и очень высокая. Конечно, высокая стоимость ИС имеет свое обоснование — это количество человеко-

лет, затраченных на создание таких систем. Но для конкретного предприятия, которому необходимо автоматизировать свою деятельность, такая сумма не всегда является «приемлемой». Одним из путей решения этой проблемы является возможность приобретения ИС по частям: изначально приобретается какая-то минимальная функциональность или какой-то отдельный модуль, а затем в процессе эксплуатации подключаются новые модули исходя из конкретных потребностей предприятия. Возможность использования ИС с минимальной функциональностью позволяет предприятию оценить ИС на соответствие предъявляемым требованиям.

При выборе ИС, хочется того или нет, необходимо понимать и вникать во внутреннюю организацию ИС, чтобы возможно было соотносить свои требования к ИС с ее реальными возможностями. Оптимальным вариантом представляется моделирование типичных ситуаций своего производства средствами различных ИС.

Также необходимо учитывать, что покупка ИС — это только первоначальные средства, затраченные на автоматизацию. В дальнейшем на обслуживание ИС и ее развитие придется постоянно вкладывать новые средства, и величина этих затрат может превысить стоимость самой системы.

### ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА SMART

ОАО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» является одним из передовых предприятий в области производства печатных плат. Летом 2007 г. ОАО «НИЦЭВТ» завершил полную модернизацию всех технологических линий, что позволило увеличить производственные мощности предприятия и обеспечило возможность изготовления плат любого уровня сложности с высокой точностью (см. рис. 1).

Вместе с процессом модернизации Производственного Комплекса была начата опытно-конструкторская разработка автоматизированной системы управления производством — SMART. Разработка велась сотрудниками ОАО «НИЦЭВТ», имеющими большой опыт в разработке информационных систем, ориентированных на решение сложных информационных задач. Большой научный потенциал кол-



Рис. 1. Участки новых технологических линий ОАО НИЦЭВТ

лектива и существующие наработки в области представления информации позволили вести разработку системы управления одновременно с внедрением полученных результатов в Производственном Комплексе.

ИС SMART — это многофункциональная, адаптивная и развиваемая система, изначально построенная для решения сложных информационных задач. Принципы, реализованные в системе, позволяют просто наращивать ее функциональные возможности и обеспечивают простое изменение существующей функциональности под конкретные требования.

Успех внедрения информационной системы управления предприятием обуславливается использованием новой технологии обработки и анализа информации, основанной на использовании в ИС *базы знаний*. В число основных преимуществ, предоставляемых *базой знаний* (БЗ) перед традиционными технологиями, входят:

- отображение в БЗ предметной области (ПО) в виде целостной модели ПО — единого информационного пространства, содержащего как фактическую информацию, так и метаинформацию, необходимую для решения задачи;

- наличие языка описания знаний, обеспечивающего семантически корректное построение модели ПО и ее простое расширение при изменении требований к задаче. Высокие выразительные возможности языка описания знаний обеспечивают адекватное представление в модели



сложных сущностей, их взаимосвязей и различных нюансов, необходимых для решения задачи;

- полное и адекватное отображение в модели смыслового содержания информации. *База знаний* обеспечивает формализованное определение всех основных понятий в системе, что позволяет осуществлять логические выводы при поиске необходимой информации, обеспечивая ее целостность и непротиворечивость;

- использование уникального механизма запросов, обеспечивающего для пользователя возможность самостоятельного формирования запросов любой сложности в терминах своей задачи;

- перенос прикладной логики в модель задачи — построение модели ПО существенно упрощает прикладную программу за счет использования декларативного языка описания знаний и высокого уровня абстракции в прикладной программе;

- «браузер» модели ПО обеспечивает отображение любой информации из модели в виде электронной карточки, обладающей уникальным интерфейсом, позволяющим отобразить информацию вне зависимости от ее содержания и с возможностью редактирования по месту. «Браузер» модели ПО может быть сконфигурирован под любую задачу.

### ФУНКЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ SMART

Архитектура системы управления производством состоит из ряда моду-

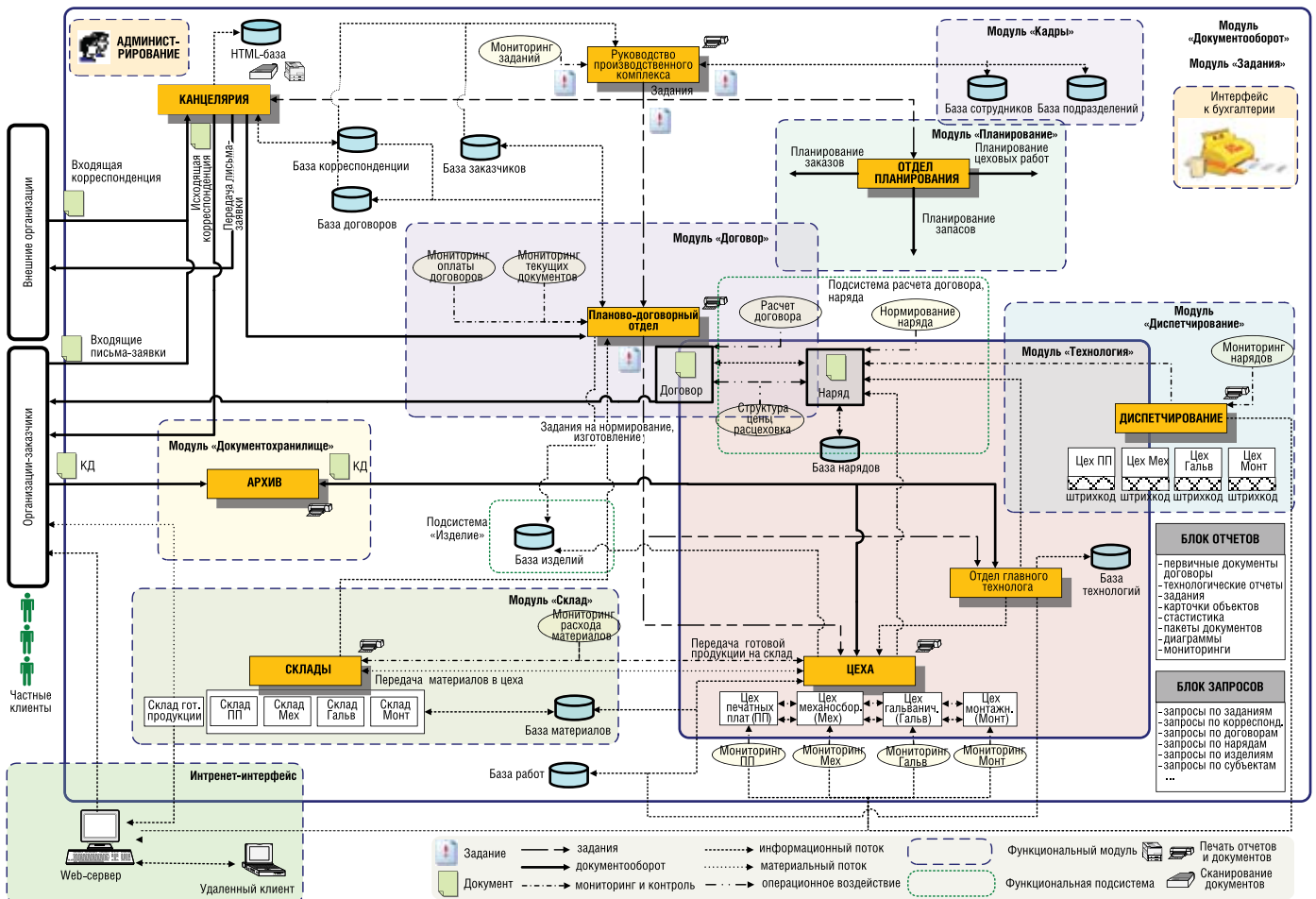


Рис. 2. Функциональная схема ИС SMART

лей (см. рис. 2), обеспечивающих выполнение следующих функций.

**Базовые функции**

Соответствующий модуль системы обеспечивает выполнение системных и общих, универсальных функций для всей системы управления: обеспечивает работу с иерархическими справочниками объектов и характеристик, интерфейс к системам администрирования, обслуживания модели, архивирования и конфигурирования системы.

**Документооборот**

Соответствующий модуль обеспечивает работу с различными типами документов, необходимыми для работы производства. Любой документ может иметь приложения, ссылки на другие документы и свои «фотографии», которые сохраняются в HTML-базе фотографий документов с их кратким описанием. На любой документ могут быть назначены задания для сотрудников и постановка на контроль.

**Договоры**

Договоры являются одним из основных, консолидирующих типов объектов, обеспечивающих взаимосвязь различных объектов и событий в системе. В договоре содержится перечень изготавливаемых изделий, выполняемых работ, оплаченные и выставленные счета, структура цены, наряды на изготовление и др (см. рис. 3). Договор может содержать этапы и находиться в различных состоя-

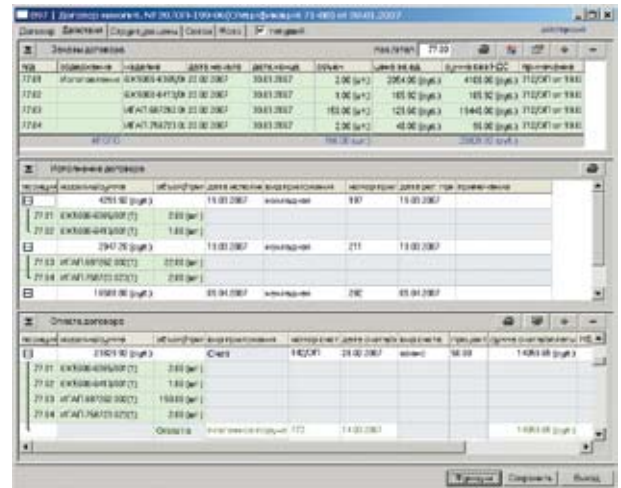


Рис. 3. Картонка договора

ниях. Поскольку договор может содержать произвольное количество позиций, изготавливаемых в различное время, то для отслеживания конкретных позиций в системе используются «заказы» (см. рис. 4).

**Документохранилище**

В процессе производства используется большое количество различной технической документации, которая может представляться как в бумажном, так и в электронном виде (см. рис. 5). Данный модуль обеспечивает хранение и каталогизацию электронных и бумажных документов с

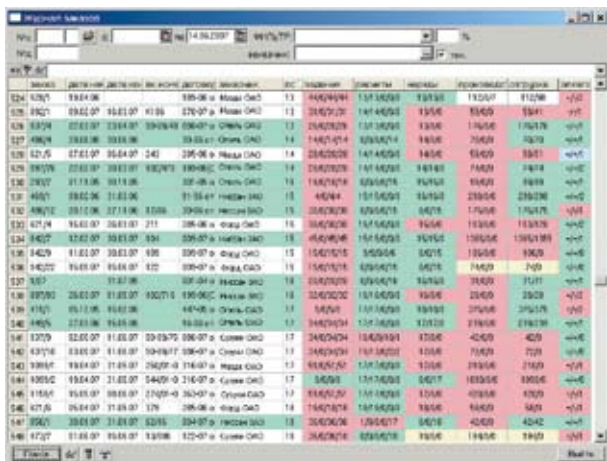


Рис. 4. Журнал заказов

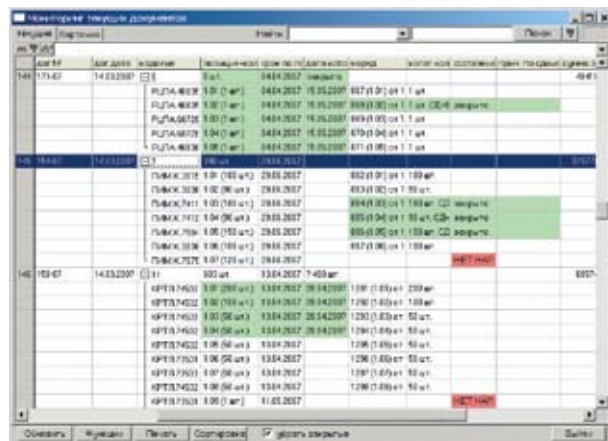


Рис. 5. Мониторинг документов

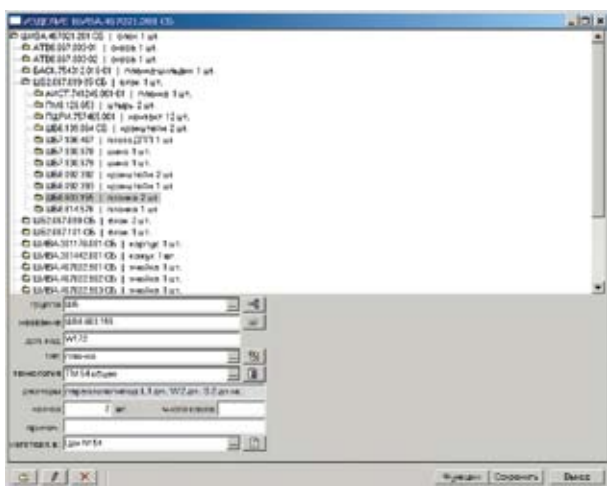


Рис. 6. Карточка изделия

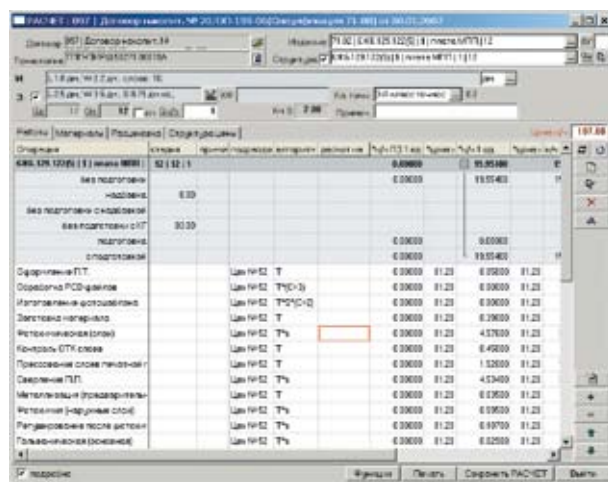


Рис. 7. Технологический расчет

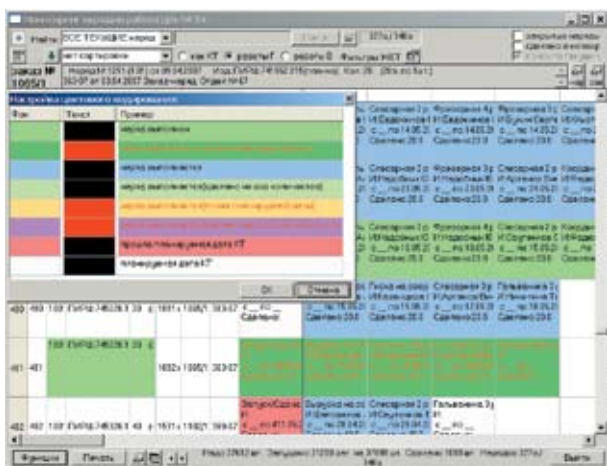


Рис. 8. Мониторинг изготовления

поддержкой различных версий одного документа. Система осуществляет разграничение доступа и обеспечивает коллективную работу с документами.

**Изделие**

Данный модуль позволяет создавать, описывать, хранить и обрабатывать состав и структуру выпускаемых изделий. Эта информация используется как основа для всех дальнейших этапов подготовки производства, планирования и управления. Изделие может относиться к различным типам, иметь сложную структуру, различную геомет-

рическую форму, конструкторскую документацию и т.п. Система позволяет просматривать историю изготовления изделия и использовать ее при повторном изготовлении (см. рис. 6).

**Технология**

Модуль предназначен для разработки технологических процессов для деталей, узлов и других объектов. Позволяет задать технологический маршрут, операции, оборудование и переходы, подобрать инструмент и оснастку, рассчитать нормативы и затраты, выпустить необходимые документы (см. рис. 7).

**Диспетчирование**

Этот модуль обеспечивает отображение состояния производственных процессов в информационной системе (см. рис. 8). Для контроля за производственным процессом используются различные методы и средства, обеспечивающие ручное и автоматизированное снятие показателей. Для отслеживания изготовления изделий используются маршрутные карты со штрихкодом, который считывается в контрольных точках и автоматически информирует систему о выполненных операциях.

**Планирование**

Данный модуль предназначен для информационной поддержки процессов производственного планирования и

оперативного управления. При планировании учитываются загруженность оборудования, его производительность, рассчитываются необходимые запасы материалов. Возможно планирование рисков, возникающих в процессе производства.

### Задания

Для организации совместной работы сотрудников, а также для отслеживания выполняемых работ используется механизм заданий (см. рис. 9). Задания можно прикрепить к любому объекту в системе и назначить для выполнения любым сотрудником. При входе в систему этого сотрудника ему будет предоставлен постоянно актуализируемый список его текущих работ.

### Руководство (мониторинг)

Для анализа текущего состояния всех отображаемых в системе процессов используются соответствующие диалоги-мониторинги, в которых отображаются заданные объекты со всеми взаимосвязями и рассчитанными качественными показателями, причем различные состояния объектов выделяются цветом (см. рис. 10). Для графического отображения состояния используется MS Excel.

### Склады

На производстве используются 3 типа складов: склад материалов, промежуточные склады и склады готовой продукции. Модуль «Склад» обеспечивает учет наличия, поступления, выбытия, внутреннего перемещения материалов и готовой продукции в различных единицах измерения (см. рис. 11). Все склады образуют единую систему, которая позволяет получить реальное состояние и уменьшить производственные запасы.

### Финансовый блок

В системе для обработки финансовой информации используется внешняя учетная система — «1С».

### Интернет-интерфейс

Данный модуль обеспечивает интерактивное взаимодействие с заказчиком и позволяет ему подать заявку на изготовление изделий, просмотреть состояние выполнения заказа и оплаты, осуществить обмен необходимой информацией и документами, необходимыми для производства. Также «Интернет-интерфейс» системы позволяет руководству предприятия производства удаленно контролировать состояние дел на производстве.

Внедрение в производственном комплексе ИС SMART позволило комплексно автоматизировать весь цикл основных взаимосвязанных задач технической подготовки, производственного планирования и оперативного управления производством. Основным результатом, получаемый при этом предприятием, — сокращение сроков и стоимости подготовки производства, снижение себестоимости и повышение качества продукции, сокращение издержек и увеличение эффективности управления.

Эти результаты достигаются за счет следующих характеристик SMART:

- наличие единого информационного пространства, содержащего всю необходимую информацию о различных аспектах деятельности предприятия;

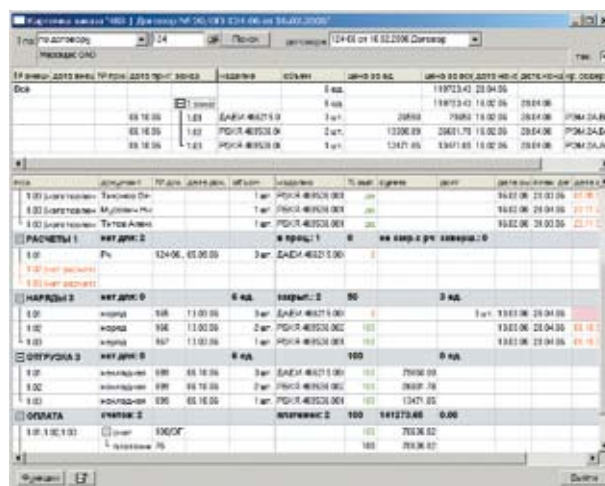


Рис. 9. Состояние заказа

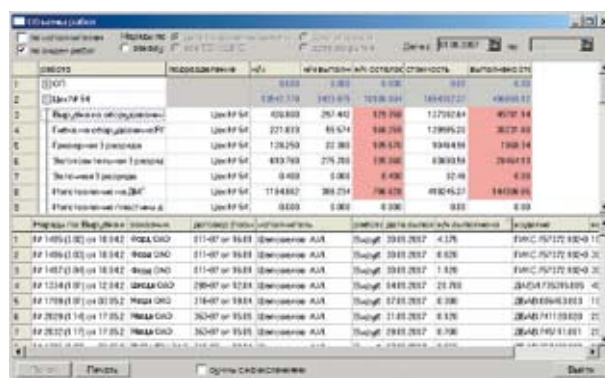


Рис. 10. Объемы выполненных работ

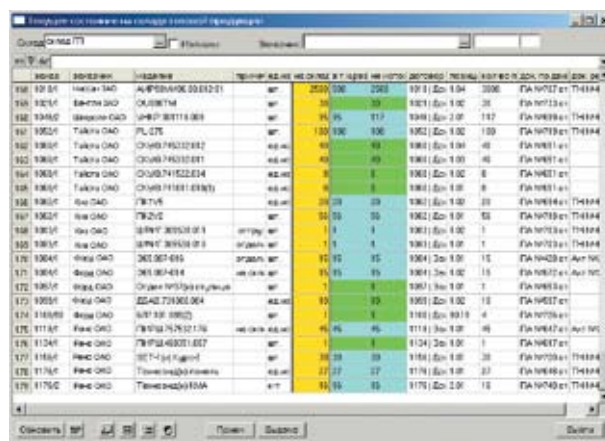


Рис. 11. Состояние склада ГП

- объединение средствами автоматизированной системы служб технической подготовки, планирования и управления производством в рамках единого, хорошо управляемого процесса;
- повышение информационной обеспеченности руководства и служб предприятия;
- повышение качества контрольных функций;
- использование современных средств автоматизации для решения задач технической подготовки, производственного планирования и оперативного управления;
- снижение количества ошибок, возникающих на всех стадиях технической подготовки и планирования производства.