

## ИДЕЛИЗИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ CALS-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Чигарева О.А., Чигарев В.А.

Доказано [1], что прибыли предприятий напрямую зависят от динамических характеристик производства – способности изменять номенклатуру и объемы производимой продукции (по отношению к динамическим характеристикам спроса, сферы реализации, конкурентов и поставщиков ресурсов). Гибкие системы производства, поддерживаемые компьютерными сетевыми системами, позволяют сделать экономически выгодными производство даже единичных изделий [2].

С учетом этого одним из перспективных средств повышения конкурентоспособности отечественных машиностроительных предприятий является внедрение CALS-технологий (англ. *Continuous Acquisition and Life cycle Support* – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) на основе реинжиниринга и анализа эффективности бизнес-процессов предприятия.

Ранее существовало представление о CALS-технологиях, как о чисто теоретическом процессе планирования, не связанном с фактическим процессом производства. Это объясняется [3] невозможностью внедрения на тот момент сквозного компьютеризированного планирования и проектирования продукции. Основная сложность заключалась в отсутствии единой платформы разработки для предприятий и, как следствие, в невозможности унифицировать форматы передачи данных.

На данный момент существует множество специализированных программных продуктов предназначенных для внедрения CALS-технологий на предприятии любой направленности и масштаба. Современное понятие внедрения CALS-технологий подразумевает объединение всего предприятия в единую информационную сеть с единой для всех программных пакетов платформой и едиными форматами передачи данных.

В основе современного внедрения CALS-технологий лежит комплексное применение на всех этапах производственного цикла продукции информационных систем, покрывающих два основных функциональных направления:

- 1) инженерное;
- 2) управленческое и экономическое.

Системообразующая и интегрирующая роль в информационном пространстве предприятия принадлежит двум типам информационных систем – ERP (англ. – *Enterprise Resource Planning*) и PDM (англ. – *Product Data Management*). ERP – системы объединяют подсистемы, обеспечивающие управленческую и экономическую функциональность (управление материальными потоками, управление финансовыми потоками, учет затрат, ведение бухгалтерского учета и др.) PDM – системы обеспечивают интеграцию инженерного программного обеспечения (CAD/CAM/CAE) в рамках единого информационного пространства предприятия.

Благодаря интеграции таких систем в производство можно достичь:

- повышения производительности;
- гибкости производственных процессов;
- уменьшения производственных затрат;
- стабильность и качества производимой продукции;
- “понимания” процесса в целом;
- уменьшения времени производственного цикла;

- своевременного обнаружения источников брака (производственного несоответствия).

Это достижимо благодаря:

- объединению в общую информационную сеть всех уровней предприятия;
- возможности применению устройств и производственных систем в любой последовательности;
- компьютерное управление процессами обработки, монтажа и транспортировки материала;
- обмен информацией и данными через общий интерфейс предприятия.

Внедрение CALS-технологий происходит с учётом всех особенностей структуры предприятия. Следовательно, сколько предприятий, столько и различных архитектур PDM/ERP.

Данная статья является обзорной – в ней рассматривается идеализированная схема организации CALS-технологии для машиностроительного предприятия. Схематично представленные ключевые моменты функционирования CALS-технологии на производстве помогут в понимании такого рода систем. В большей степени нас интересуют компоненты PDM системы – технологии конструирования продукции и организации производственного процесса. ERP система будет рассматриваться только с точки зрения взаимодействия с PDM.

Само внедрение современных CALS-технологий на предприятии становится возможным благодаря сетевому объединению (сетизации) единичных компьютеров и их полной интеграции с процессом производства. Такое объединение называется CIM (англ. *Computer Integrated Manufacturing* – компьютерное интегрированное производство). Система CIM включает все действия поддерживаемые компьютерами, связанные с производством: от конструирования, производства продукции и до контроля качества рис. 1.

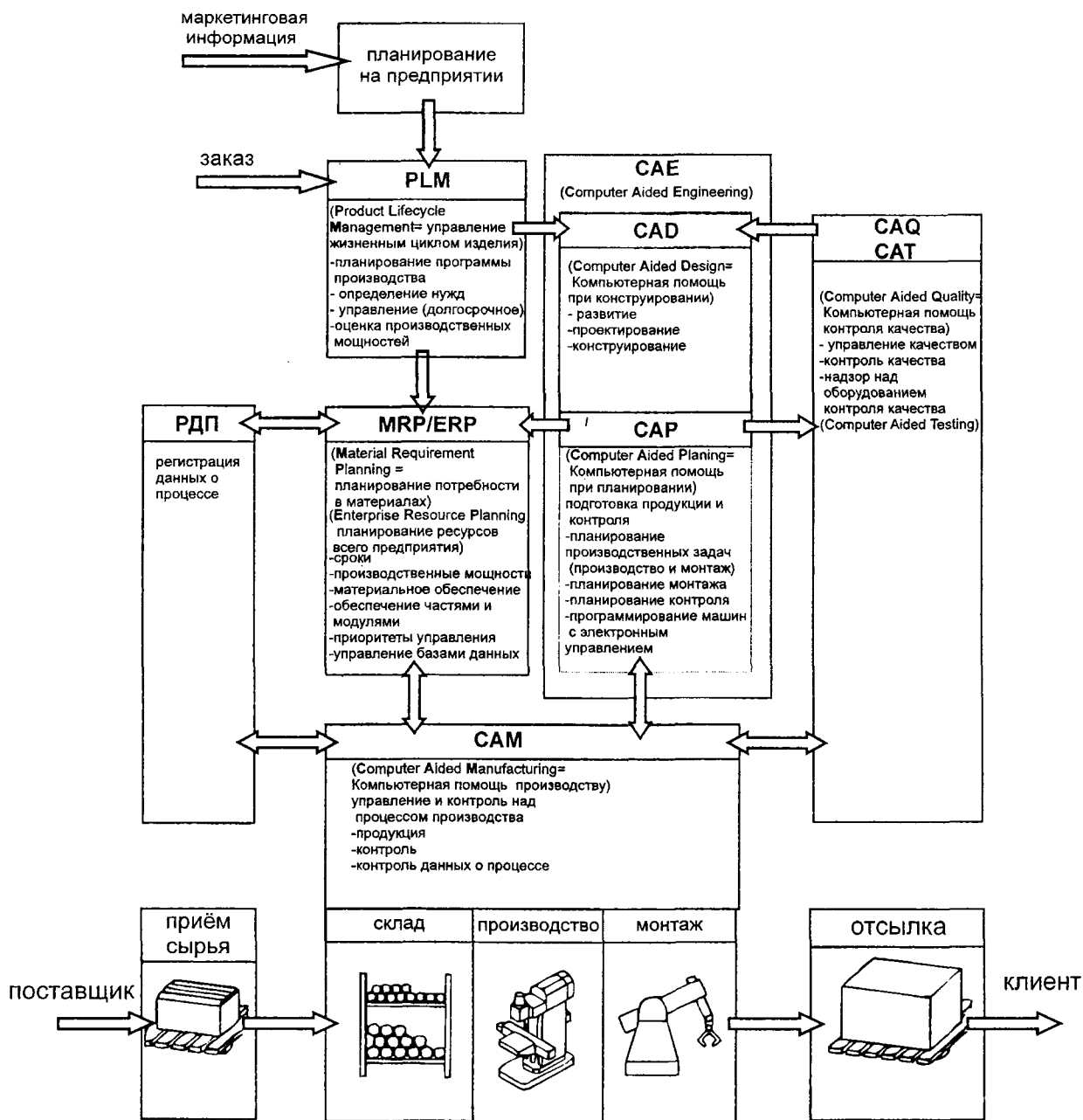


Рис. 1. Обмен информацией между элементами CALS-технологии посредством CIM [4]

Структура компьютерных сетей сильно зависит от факторов определяющих деятельность предприятия, в основном от ассортимента производимой продукции и структуры организации предприятия. Поэтому, не существует универсальной структуры сети. Каждая сеть уникальна и приспособляется для специфических нужд предприятия. Однако каждая сеть обладает присущими всем корпоративным сетям элементами. А именно, общей для всех компьютеров базой данных и иерархическим принципом их взаимодействия.

Чтобы добиться высокой эффективности системы, данные о процессе, которые на определённой фазе были записаны в базу данных, должны быть доступны для всех последующих уровней процесса производства. Решением этой задачи и определяющим фактором для успеха предприятия является создание интерфейса между всеми компонентами сети.

Благодаря ему происходит эффективный обмен данными между всеми элементами системы от самого начала (приёма сырья) и до самого конца (высылки готовой продукции). Он

позволяет информировать все элементы производства в каждый момент времени в нужной мере. Чаще всего интерфейс разрабатывается организацией, которая внедряет CALS-технологии на производстве.

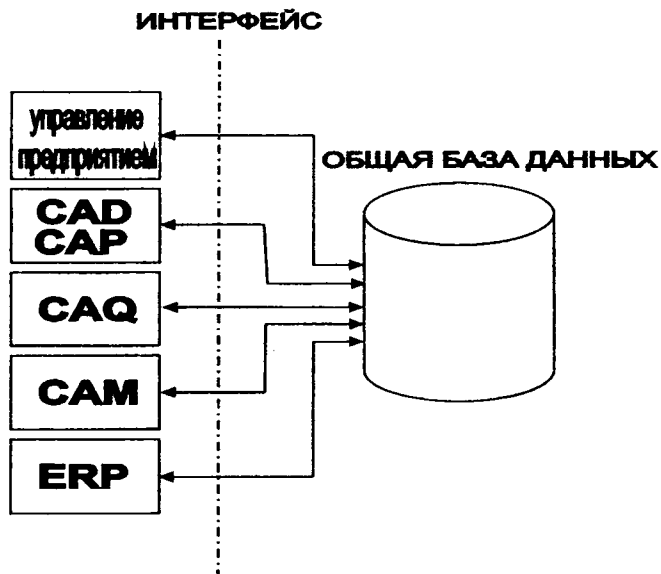


Рис. 2. Взаимодействие всех уровней через интерфейс

Другим важным моментом внедрения CALS-технологии является создание системы сбора данных о производственном процессе. Эти данные собираются со всех производственных уровней и отправляются на компьютер, который регистрирует их. Общая сеть позволяет соединить все отделы предприятия, в том числе отдел кадров, бухгалтерию и администрацию. Благодаря этому управление предприятия имеет гарантированный доступ к наиболее актуальной и исчерпывающей информации о состоянии всех происходящих на предприятии процессов.

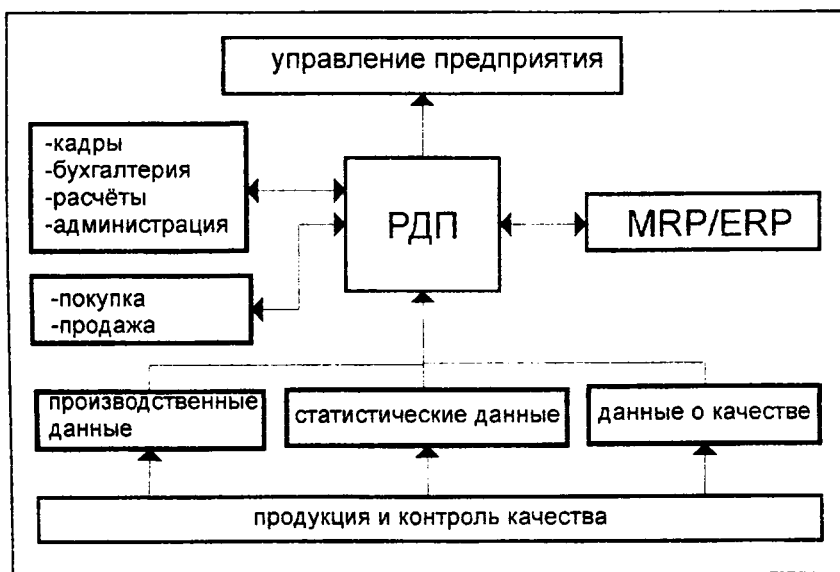


Рис. 3. Интеграция системы РДП (Регистрация Данных о Процессе)

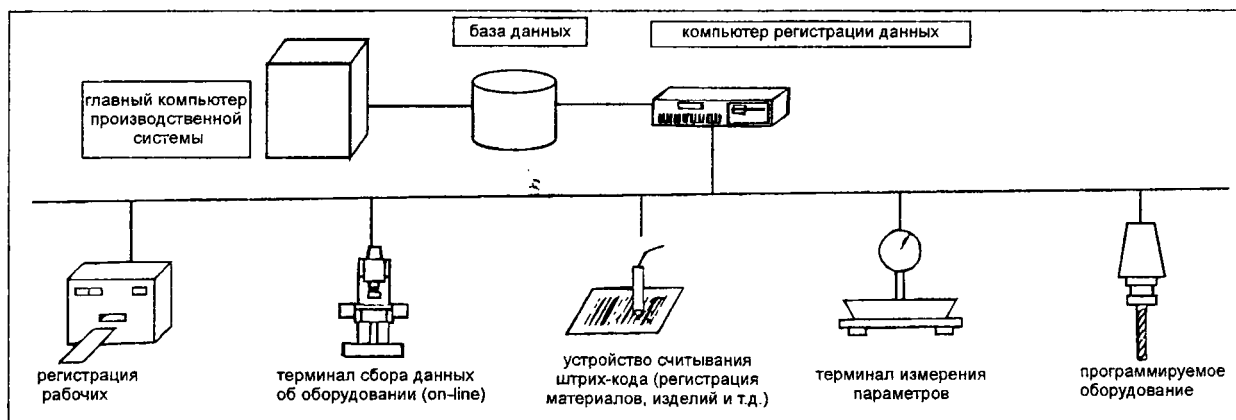


Рис. 4. Регистрация данных через терминалы в режиме on-line

Ниже рассматриваются технологии проектирования и планирования продукции в последовательности соответствующей иерархии распространения данных:

**PLM** (англ. *Product Lifecycle Management*) — технология управления жизненным циклом изделий. Организационно-техническая система обеспечивающая управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолеты и ракеты, компьютерные сети и др.).

**CAE** (англ. — *Computer-Aided Engineering*) — программный пакет, предназначенный для 3-мерного моделирования различными элементами при проектировании различных изделий. Алгоритмически основан на анализе методом конечных элементов. При проектировании изделия данные, полученные при моделировании в CAE, служат основой для изготовления проектной документации в CAD и подготовки производства в CAP, а за тем в CAM (например, генерацию программ обработки деталей для станков с ЧПУ).

**CAD** (англ. *Computer-Aided Design*) — программный пакет, предназначенный для создания чертежей, конструкторской и/или технологической документации и/или 3D моделей. В современных системах проектирования CAD получает данные из систем твёрдотельного моделирования CAE, и передаёт в CAP для подготовки производства (например, генерации программ обработки деталей для станков с ЧПУ или ГАПС(Гибких Автоматизированных Производственных Систем)).

Функциональная схема любой CAD системы, не зависимо от ориентации на определённую сферу применения, устроена одинаково (рис. 5). Геометрический модуль ответствен за проведение всех вычислений геометрического характера. Результат обработки — это виртуальный образ запроектированного предмета, а так же цифровые данные, преобразованные в NC (англ. — *Numerical Control*) программу управления станками и оборудованием.



Рис. 5. Функциональное устройство CAD систем

**CAP** (англ. – *Computer-Aided Planing*) – программный пакет, предназначенный для планирования производственного процесса в целом. Является аналитическим центром создания технологического плана производства продукции.

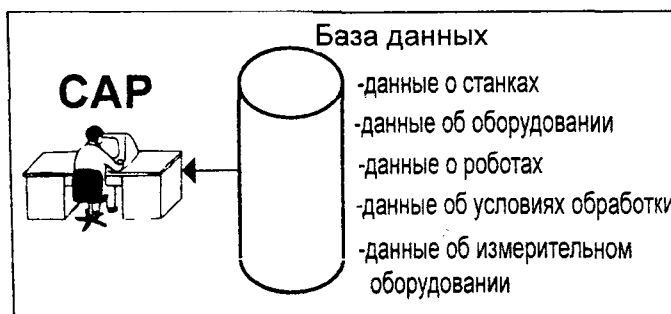


Рис. 6. Данные для CAP из общей базы данных

В определённых случаях установка пакета САР не требуется, так как установленная версия САД обладает необходимой, для непосредственного взаимодействия с САМ, функциональностью. Чаще всего САР применяется на очень больших предприятиях с большим количеством адаптивных сборочных линий и видов выпускаемой продукции.

Данные относительно геометрии и составных частей изделия, необходимые для подготовки технологического процесса получают из системы САД. На основании этих данных генерируются команды и инструкции для процессов производства и монтажа. Появляются планы по обработке, монтажу, использованию оборудования и контролю качества.

Другой важной функцией САР является модификация производственных линий в случае изменения сроков или производственных мощностей, и как следствие, изменение способов и последовательности производства.

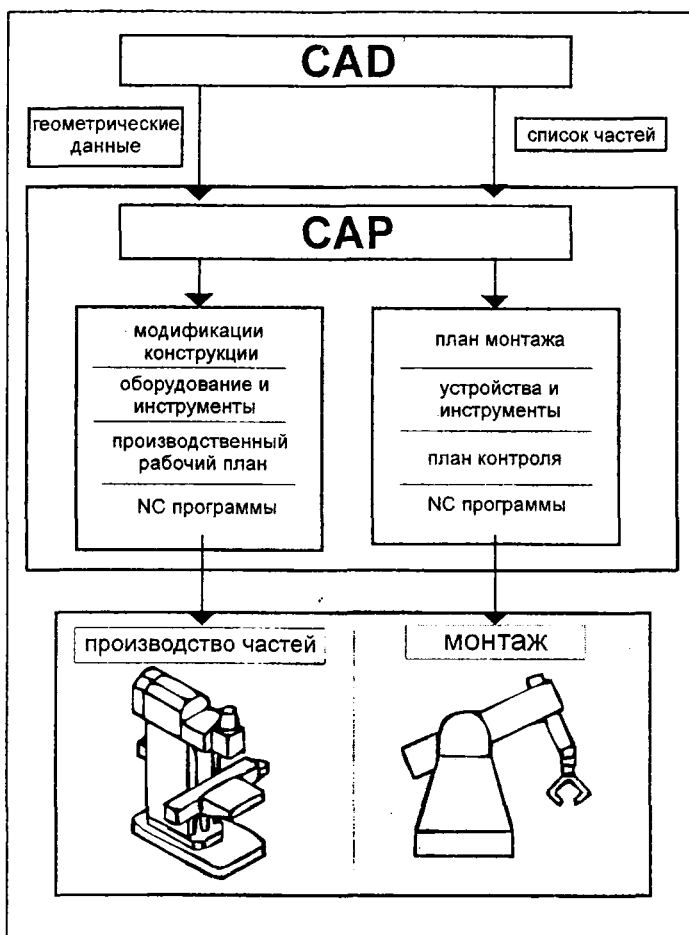


Рис. 7. Подготовки плана производства изделия

САМ (англ. - *Computer-Aided Manufacturing*) – программный пакет, предназначенный для программирования всех устройств предприятия. Обеспечивает комплексное использование компьютерной техники во всём производственном процессе.

Важнейшие задачи системы САМ:

- контакт с системами вышестоящими (как САР) и нижестоящими (как DNC);
- связь с операционными базами данных;
- контроль над сроками и производственными мощностями;
- контроль над ходом процесса производства;
- контроль над готовностью устройств;

- контроль над процессом производства (например, вмешательство в случае изменения сроков – перегруппировка процесса производства);
- мониторинг актуального состояния продукции;
- обеспечение движения изделий и уборки отходов производства.

Такова схема взаимодействия САМ с элементами проектирования

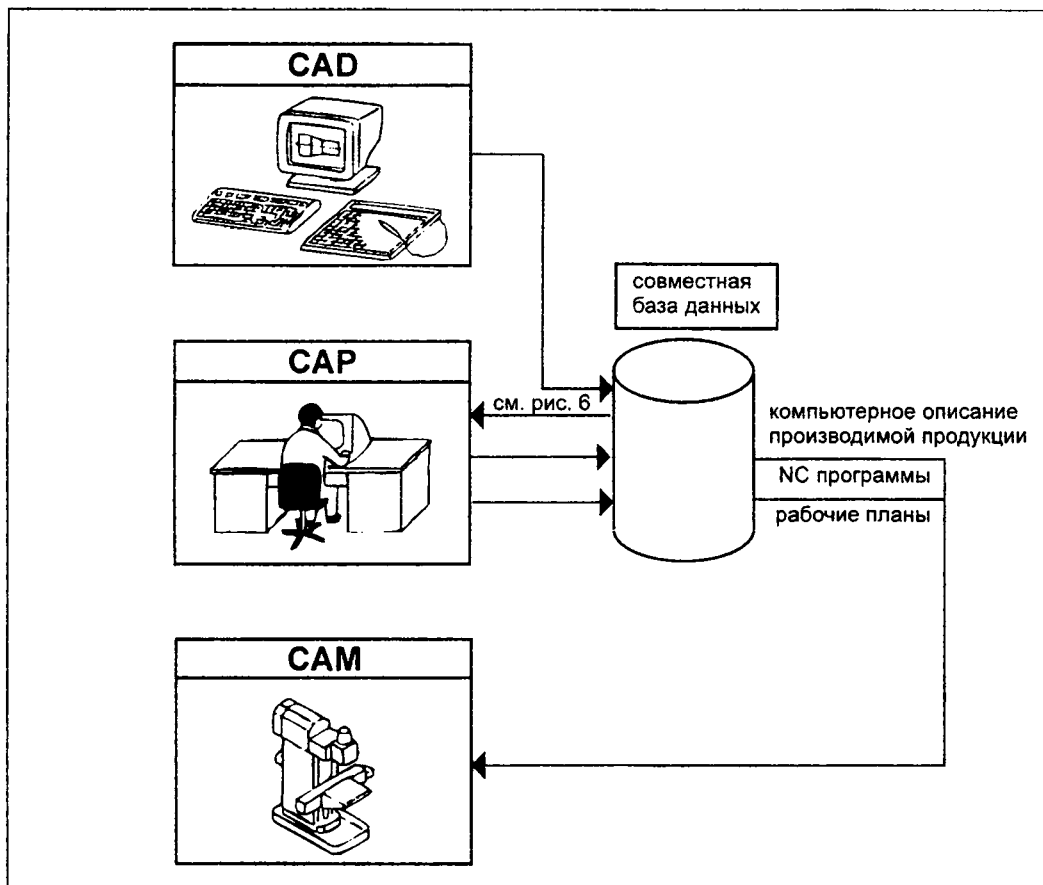


Рис. 8. Связь CAD с CAM

Таким образом, посредством совместной базы данных и уровня CAP, происходит трансформация виртуальной модели в готовый продукт.

Большая система САМ обычно использует один главный компьютер, ответственный за весь процесс производства, и множество централизованных рабочих станций. В случае аварии главного компьютера его задание могут принять (однако, только в ограниченной мере) рабочие станции, используя свои подсистемы. Например, компьютер DNC (англ. *Distributed Numerical Control* – Прямое Числовое программное Управление), хранит только NC программы, администрирует ими, отсылает оборудованию и контролирует работу этой подсистемы. Главный компьютер ответственен за весь процесс производства, управляет и контролирует его ход, пользуясь данными из CAD/CAP, а так же частично из ERP/MRP.



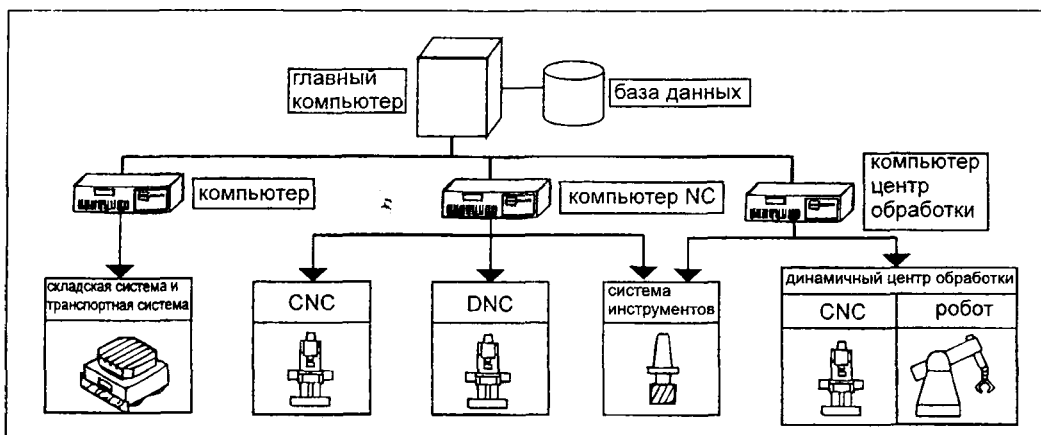


Рис. 9. Система CAM с главным компьютером. CNC (англ. Computer Numerical Control – Числовое Программное Управление (ЧПУ))

Работа CAM тесно связана с работой другого программного пакета CAQ/CAT. CAM и CAQ работают в постоянном взаимодействии друг с другом.

CAQ (англ. – Computer-Aided Quality Assurance) – система автоматизированного контроля качества. Контроль производится на каждом этапе производства. CAT (англ. – Computer-Aided Testing) – система компьютеризированного тестирования конечного продукта, чаще всего является частью системы CAQ.

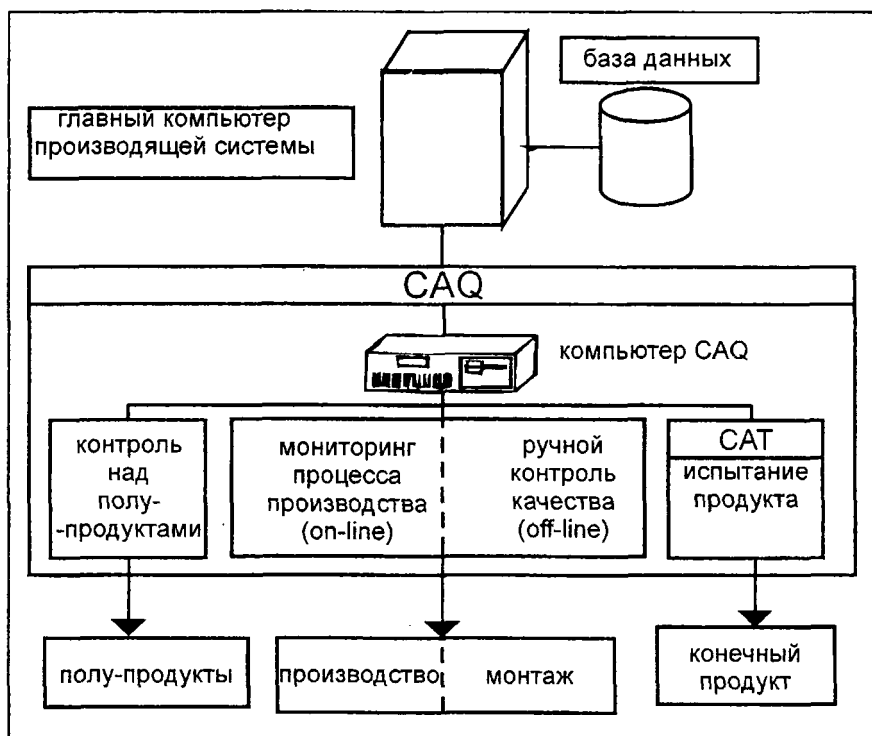


Рис. 10. Полный комплекс обеспечения качества. Полу-продукт – незавершённое изделие

ERP (англ. – *Enterprise Resource Planning*)/MRP (англ. – *Material Requirement Planning*) – информационные системы планирования ресурсов предприятия. Основная задача, которых автоматизация бизнес процессов предприятия, а также управленческих функций. Схематично модель большинства ERP/MRP-систем можно описать следующим образом: в единую базу данных поступают все первичные сведения о деятельности предприятия, и на их основе программа строит различные отчеты, графики, прогнозы, словом, предоставляет полноценную

аналитическую информацию. хозяйственные операции регистрируются в системе один раз, и их влияние на результативность работы предприятия можно оценить сразу, получив соответствующий отчет. Основная ценность ERP/MRP-системы – в обеспечении информационной интеграции всех функциональных областей деятельности предприятия.

Современная ERP/MRP система включает в себя следующие подсистемы:

- управления запасами;
- управления снабжением;
- управления сбытом;
- управления производством;
- планирование;
- управления сервисным обслуживанием;
- управления цепочками поставок;
- управления финансами.

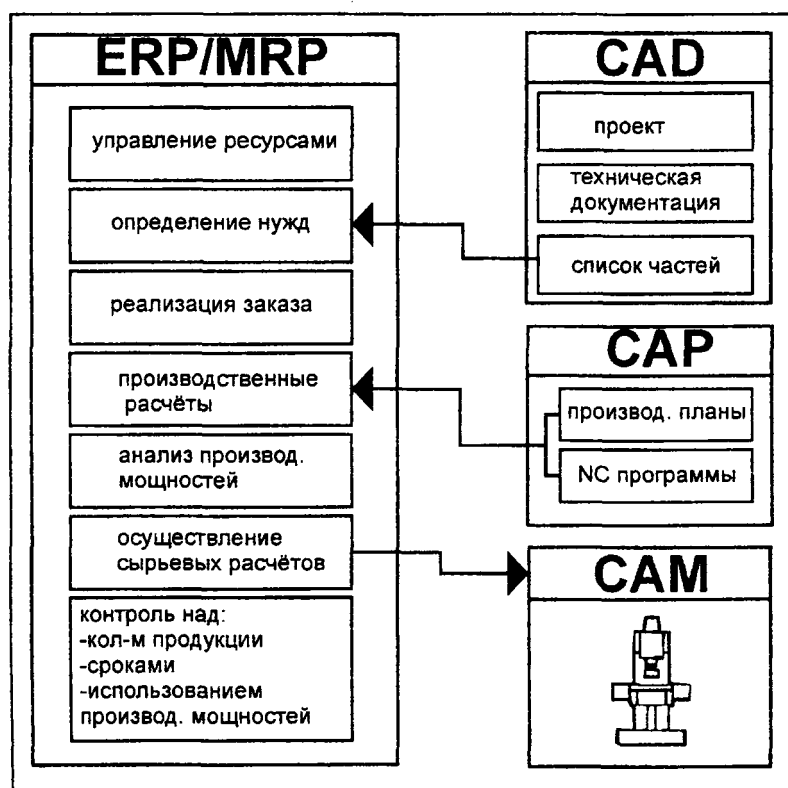


Рис. 11. Обмен информацией системы ERP/MRP с CAD/CAP/CAM

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корпоративный менеджмент. Лекции по ERP / И.В. Балахонова, С.А. Волчкова, В.А. Копитунов ; [www.cfin.ru](http://www.cfin.ru)
2. Внедрение CALS-технологий / Г. Мухтарова; журнал “Директор-инфо” (№ 32, 2005).
3. По результатам проведения Министерством Промышленности РБ семинара “CALS-технологии”.
4. Современные системы управления / В. Дорф ; изд. “Лаборатория базовых знаний”, Москва 2006 г.
5. Автоматизация производства / В.Н. Брюханов, А.Г. Схиртладзе, В.П. Вороненко. – СПб.: Высш. школа, 2006.
6. Автоматизация производства / А.А. Шапарин, А.Д. Чудаков. – М.: Академия, 2005.