



**ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**К открытию центра САD/САМ и специализации
“Компьютерно-интегрированное машиностроение”
на кафедре технологии машиностроения ЯГТУ**

Пояснительная записка

Ярославль 1997

Содержание

1. Основные термины и понятия CAD/CAM	3
2. Преимущества компьютерно-интегрированного производства	4
3. Особенности процесса проектирования в CAD/CAM	5
4. Актуальность для промышленности области открытия центра CAD/CAM и новой специализации.....	7
4.1 Объективная необходимость перехода промышленности на использование CAD/CAM-систем	7
4.2 Потребность в квалифицированных кадрах	9
4.3 Предложение кафедры “Технология машиностроения”	9
5. Готовность кафедры к переходу на новый уровень обучения	10
5.1 Уровень компьютеризации на кафедре	10
5.2 Методическое и аппаратное обеспечение	12
5.3 Предлагаемое изменение учебного процесса	12
6. Сводка материальных потребностей открытия центра CAD/CAM и специализации	13
6.1 Аппаратное обеспечение	13
6.2 Программное обеспечение	13
6.3 Итоговая сводка	14
7. Планировка дисплейного класса центра	15
8. Обзор систем CAD/CAM	18
9. Анализ CAD/CAM Cimatron.....	22
9.1 Введение	22
9.2 Общие характеристики системы	24
9.3 Программные продукты	24
9.3.1 Базовые конфигурации Cimatron	24
9.3.2 Модули проектирования	24
9.3.3 Модули системы подготовки программ для станков с ЧПУ	25
9.3.4 Модули подсистемы конечноэлементного анализа (FEM)	25
9.3.5 Утилиты	25
9.3.6 Интерфейсы по данным	25
9.3.7 Cimagraf	26
10. AutoCAD и другие продукты Autodesk	26
11. Дополнительные САПР по технологии машиностроения	27
12. Приложение 1. Предложение фирмы Би Питрон по организации центра CAD/CAM на основе Симатрон	30
13. Приложение 2 . Конфигурации аппаратных платформ, поддерживаемые системой Cimatron 7.01.....	31

“Необходимость использования CAD/CAM, снижение затрат на проектирование, уменьшение времени выхода на рынок нового продукта - основные задачи крупных производителей США. Для конструкторов знание САПР - требование времени ...”

“Business Week”, 25 сентября 1995 г.

1. Основные термины и понятия CAD/CAM

Одной из основных функций инженера является проектирование изделий или технологических процессов их изготовления. Традиционно эти функции разделены как при подготовке специалистов, так и в сфере их деятельности на производстве. Отражая сложившуюся практику последовательной реализации процессов конструирования и разработки технологии изготовления, системы автоматизированного проектирования (САПР) принято делить по крайней мере на два основных вида:

- САПР конструирования изделий;
- САПР технологии их изготовления.

САПР конструирования изделий, которые на Западе называют **CAD (Computer Aided Design)**, выполняют объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерный анализ, оценку проектных решений, получение чертежей.

Заметим, что исследовательский этап САПР изделий иногда выделяется в самостоятельную автоматизированную систему научных исследований (АСНИ) или, используя западную терминологию, инжиниринга – **CAE (Computer Aided Engineering)**.

САПР технологии изготовления, которые в России принято называть автоматизированной системой технологической подготовки производства (АСТПП), а на Западе – **CAPP (Computer Automated Process Planning)**,

выполняют разработку технологических процессов, технологической оснастки, управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ. Задачей САПР технологических процессов (САПР ТП) является разработка технологической документации (маршрутной, операционной), доводимой до рабочих мест и с разной степенью подробности регламентирующей будущий процесс изготовления детали.

Более конкретное описание обработки на оборудовании с ЧПУ – в виде кадров УП – вводится в систему автоматизированного управления производственным и транспортным оборудованием

(АСУПР), которую на Западе принято называть **CAM (Computer Aided Manufacturing)**.

Помимо этих видов САПР различают систему производственного планирования и управления PPS, что соответствует отечественному термину АСУП, и систему управления качеством **CAQ (Computer Aided Quality Control)**.

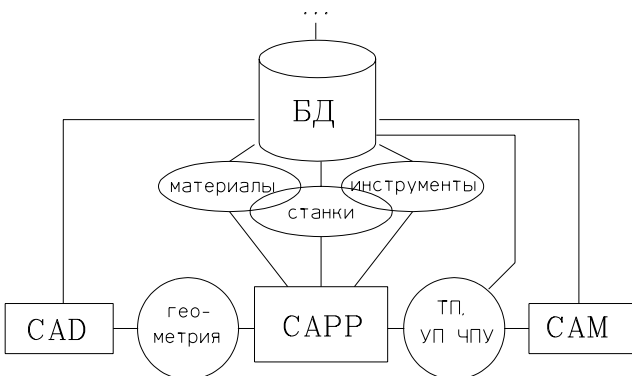


Рис.2. Элементы интегрированной системы

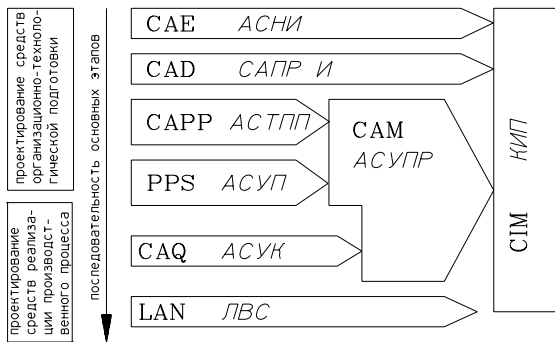


Рис.1. Основные системы СИМ

2. Преимущества компьютерно-интегрированного производства

Известно, что самостоятельное, не связанное между собой, функционирование систем CAD и CAM дает экономический эффект, размер которого, может быть существенно увеличен интеграцией этих систем (рис.1) посредством CAPP. Такая интегрированная система CAD/CAM на информационном уровне поддерживается единой базой данных (БД), в которой хранится трехмерная математическая модель изделия, т.е. информация о его структуре и геометрии (как результат проектирования в системе CAD), о технологии изготовления (как результат системы CAPP) и УП для оборудования с ЧПУ (как исходная информация для обработки в системе CAM на оборудовании с ЧПУ). На схеме (см. рис.2) функционирование АСТПП, или по-английски CAPP, представляет

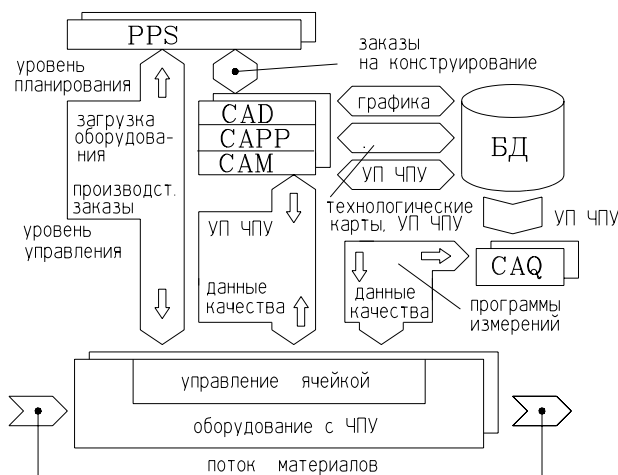


Рис.3. Информационная структура CIM

процесс преобразования конструкторской информации, хранимой в БД, в технологические решения, касающиеся маршрутов обработки деталей, режимов обработки на определенных операциях, выбора инструмента и т.п. Такая интеграция CAD и CAM (а иногда и CAE) получила название компьютерно-интегрированного производства (КИП), или по-английски CIM (Computer Integrated Manufacturing).

В настоящее время переход от отдельных замкнутых САПР и их частичного объединения к полной интеграции технической и организационной сфер производства является основной тенденцией в достижении высокой конкурентной способности западных предприятий (на рис.3 представлены основные этапы построения

и организационно-технические САПР, реализующие CIM). В индустриально развитых странах создание компьютеризированных интегрированных производств было избрано в качестве стратегического направления в развитии производства.

Так, например, в США 35-ю ведущими фирмами аэрокосмического комплекса разработана программа ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing). В странах Европейского сообщества (ЕС) эти исследования ведутся в рамках программ ESPRIT (European Strategic Planning for Research in Information Technology), BRITE, EVRICA. В России создание КИП осуществляется в соответствии с Государственной научно-технической программой (ГТНП) "Технологии, машины и производство будущего" (направление работ "Компьютеризированные интегрированные производства"), а также самостоятельно рядом отраслей промышленности (авиакосмический комплекс, атомная энергетика и др.).

В рамках программ ICAM, ESPRIT, EVRICA были разработаны концептуальные решения, методология создания КИП, архитектурные и структурные решения КИП, методология и концептуальные решения на основе современных информационных технологий.

Практический опыт создания и эксплуатации CIM показывает, что концепция создания CIM должна охватывать процессы проектирования, изготовления и сбыта продукции. Проектирование должно начинаться с изучения конъюнктуры рынка и кончатся вопросами доставки продукции потребителю. Рассматривая структуру CIM (см. рис.3), можно выделить три основных, иерархически связанных между собой уровня. К подсистемам CIM верхнего уровня относятся подсистемы, выполняющие задачи планирования производства. Средний уровень занимают подсистемы проектирования производства. На нижнем уровне находятся подсистемы управления производственным оборудованием.

Выводы. Промышленность Запада перешла на использование преимуществ концепции КИП (CIM). CIM – это объединение в интегрированную систему CAD, CAM и, как правило, CAE –

CAD/CAM/CAE (иногда такие системы называют на Западе системами **it** – integrated technology). Ядром CIM является объемная, т.е. трехмерная модель деталей и сборки, которая является источником информации для всех последующих этапов реализации проекта. Трехмерная модель создается в диалоговом режиме на экране компьютера, записывается во внутреннем коде в БД на этапе конструирования изделия. Двумерные чертежи разнообразной конструкторской и технологической документации – *побочный* продукт переработки трехмерной модели посредством различных компьютерных модулей одной или нескольких CAD/CAM систем. Внесенные в модель изменения становятся обязательными и доступными для всех связанных с проектом подразделений. Внедрение CIM дает ряд преимуществ, но лишь некоторые из них поддаются количественной оценке. К их числу относятся:

- 1) Увеличение производительности труда конструкторов и технологов, уменьшение их числа;
- 2) Сокращение длительности циклов производства;
- 3) Минимизация числа ошибок конструирования – повышение точности проектирования;
- 4) Визуализация процедур анализа сопряжений элементов изделий (оценка собираемости);
- 5) Упрощение анализа функционирования изделия и сокращения объемов испытаний опытных образцов;
- 6) Автоматизация подготовки технической документации;
- 7) Стандартизация проектных решений всех уровней;
- 8) Повышение производительности процесса проектирования инструмента и оснастки;
- 9) Уменьшение числа ошибок при программировании изготовления на оборудовании с ЧПУ;
- 10) Обеспечение возможности использования стандартных деталей: инструмента и оснастки;
- 11) Обеспечение задач технического контроля сложных изделий;
- 12) Обеспечение более эффективного взаимодействия между инженерами, конструкторами, технологами, руководителями различных проектных групп и др.

3. Особенности процесса проектирования в CAD/CAM

В ходе разработки любого проекта участвуют совместно группы самых разных специалистов в различных областях инженерных дисциплин. В общих чертах эта работа может быть представлена в виде диаграммы на рис.4.

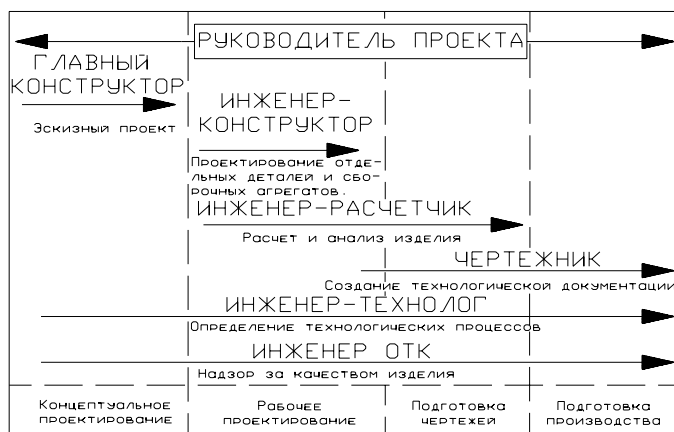


Рис.4. Этапы традиционного проектирования

В случае необходимости, после проведения анализа, инженер-расчетчик может внести в проект требуемые изменения, которые не всегда становятся известны конструктору. В свою очередь, технолог может также внести дополнения или модификации, которые затем могут привести к переработке проекта.

Создание нового изделия предполагает внесение изменений как на ранних стадиях, так и на более поздних - при отработке и изготовлении технологической оснастки. Традиционно проект ведется последовательно: различные подразделения работают независимо одно от другого, и каждая последующая стадия проработки проекта начинается только после того, как предыдущая будет полностью закончена. При этом нет никакой гарантии, что условия, заложенные в концептуальном проектировании, соответствуют требованиям, предъявляемым к функционированию конструкции.

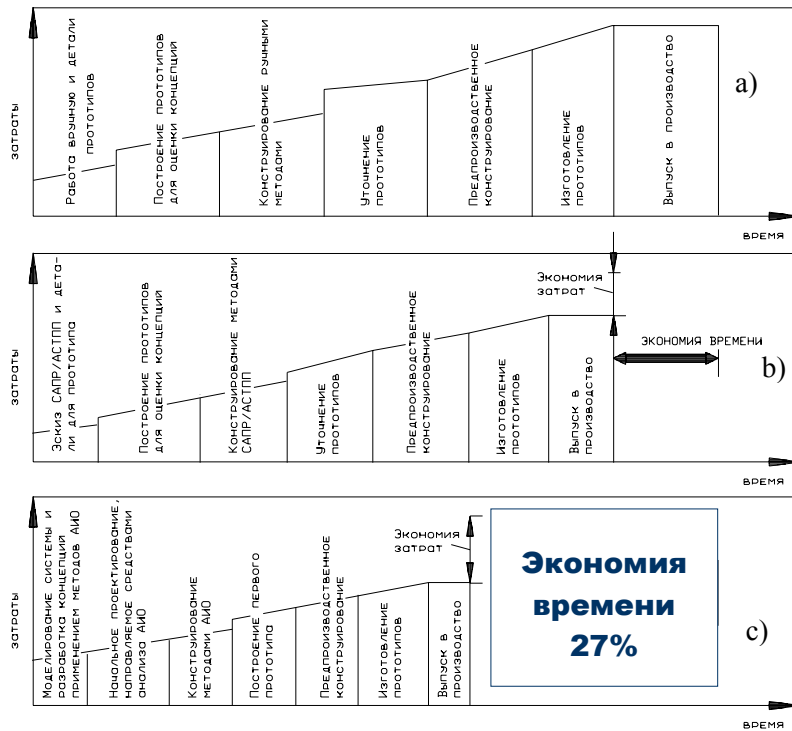


Рис.5. Сравнение затрат времени на проектирование посредством CAD/CAM трех поколений (General Electric)

Такая традиционная процедура значительно увеличивает время выхода новой продукции на рынок, ведет к возрастанию себестоимости продукции и – очень часто – к снижению качественных показателей. Более того, ситуация, при которой возможно внесение изменений на некотором этапе, и эти изменения остаются неизвестными для других разработчиков конструкции, ставят под вопрос общую концепцию совместной работы над проектом.

С появлением систем CAD/CAM такой проблемы больше не существует. Технология третьего поколения систем CAD/CAM делает возможным производить продукцию быстрее, качественнее и дешевле. Автоматическое отслеживание всех модификаций через все

приложения компьютерной системы, а также параллельная работа над проектом различных подразделений, не дожидаясь окончания предыдущей стадии проработки, ведет к сокращению времени работы над проектом и сводит к нулю риск ошибок.

Рассмотрим три поколения систем САПР. Первое поколение систем автоматизации проектирования отличало от работы на уровне листа бумаги и карандаша то, что их роль взял на себя компьютер и часть работы выполнялась на электронном уровне (рис.5,а).

Второе поколение CAD/CAM систем (рис.5,б) способствовало сокращению времени, отведенного на проработку отдельной стадии проекта, т.е. сэкономило рабочее время одного специалиста на выполнение поставленной задачи, повышало качество работы этого специалиста. Однако, время, затрачиваемое на проработку проекта в целом, оставалось практически неизменным, т.к. процесс проектирования был по-прежнему последовательным – одна стадия прохождения изделия сменяла другую, и по-прежнему специалисты различных специальностей могли приступить к выполнению своей части работы после полного завершения предыдущей стадии. По-прежнему не было гарантии, что концептуальный проект будет соответствовать требованиям, предъявленным к функциональным особенностям конструкции или к ее технологичности, т.е. цель – сокращение времени проработки и снижение себестоимости, – оставалась не достигнутой.

Более того, при работе различных подразделений предприятия последовательно одно за другим, всегда существует опасность потери интегрированности проекта в целом, т.е. пройдя последовательно через все стадии-концепции прочностного и других типов анализа, технологической проработки и т.д. – конструкция на конечном этапе может иметь разительные отличия от того, что в нее изначально закладывал конструктор, равным образом – продукт на стадии механообработки может резко отличаться от его проработки в виде конструкторской документации и детализированных чертежей. Возможна и иная ситуация, при которой приносится в жертву качество или технологичность прорабатываемого изделия, т.к. в последовательном цикле проработки проекта слишком дорогостоящими и сложными являются любые модификации на поздних стадиях работы.

В таких случаях, решение чаще всего сводится к тому, что конструкция остается на уровне базового проекта, хотя возможные изменения могли бы значительно повлиять на ее работоспособность.

Третье поколение CAD/CAM систем (рис.5, в) было разработано для того, чтобы предоставить новые возможности проектирования и механообработки и при этом объединить все дисциплины

проекта вместе через единую структуру базы данных (БД). Использование единой структуры БД позволяет специалистам различных подразделений работать совместно над единым проектом. Таким образом, был создан фундамент для так называемой “параллельной инженерии” (concurrent engineering).

При работе с системами САПР или CAD/CAM третьего поколения конструктор может на самых ранних этапах проработки изделия получить консультацию от специалистов по аналитическим расчетам с целью выявления работоспособности проектируемого изделия, а также отдать ее на проработку технологами для отработки технологических процессов. При таком подходе все подразделения работают с единой математической моделью, а не с различными, как это было до сих пор (ранее существовали, например, чертеж, 2D-модель, каркасная модель, поверхностная и т.д.).

Итак, возникла новая технология, обеспечивающая полную интегрированность всех работ в цепочке: конструкция - расчет - механообработка. При этом все эти различные этапы ведутся параллельно, а не последовательно.

Покажем это на простом примере. Конструктор разработал модель, далеко еще не законченную, которая только начинает приобретать свои очертания. В этот момент может подключиться расчетчик для верификации этой модели. Если при этом он вносит какие-либо изменения, связанные с улучшением функциональных свойств изделия, эти изменения автоматически отражаются в работе конструктора, а также на чертежах, (все виды и сечения, сборочные чертежи), на трехмерной объемной модели не только самой детали, но и всех граничащих с ней деталей в сборке, на траектории режущего инструмента станка ЧПУ, конечно-элементной модели и т.д.

Выводы. Третье поколение систем CAD/CAM – это компьютерные системы, внутренняя архитектура которых позволяет поддерживать общение на междисциплинарном уровне, т.к. в данном подходе реализуется полная двунаправленная ассоциативность. Технология адекватно отражает меняющуюся конструкцию изделия и выполняется параллельно.

Время, необходимое для инженерных расчетов различных модификаций конструкции теперь может быть оптимизировано для повышения качества и повышения производительности, а изделие – выпущено к потребителю быстрее и с меньшей себестоимостью.

4. Актуальность для промышленности области открытия центра CAD/CAM и новой специализации

4.1 Объективная необходимость перехода промышленности на использование CAD/CAM-систем

В настоящее время промышленность страны и научно-проектные организации находятся в сложном положении. Часто под вопросом само существование даже крупнейших всемирно известных предприятий и организаций.

По мнению Владимира Кабаидзе, Героя Социалистического Труда, бывш. директора Ивановского станкостроительного завода “...сократились не просто объемы машиностроения в два с лишним раза... Беда в том, что мы катастрофически отстали за эти годы. Если в 1985 году, на старте горбачевской перестройки и ускорения, по техническому уровню выпускаемых у нас станков мы отставали от мирового уровня на 10-15 лет, то сейчас к ним надо добавить еще 10 минувших лет, за которые мы ни на шаг не продвинулись вперед. Отсталость в четверть века в основе промышленности – машиностроения и станкостроения – катастрофа. Нас и раньше на Западе никто не ждал... А теперь и подавно не ждут...”

Объем производства станков в общем объеме машиностроения Японии составляет 23 проц., в Германии – 17 проц., в России – 0.27 проц.

У нас теперь нет наукоемкой промышленности. Ивановский станкостроительный был самым мобильным заводом в отрасли, вооружал новейшими обрабатывающими центрами в первую очередь заводы ВПК... Сейчас завод работает три дня в неделю и хорошо, если за весь год сделает один-два станка (в штуках).”

Однако такая ситуация в отечественном машиностроении, видимо, не может существовать длительное время. По-видимому, следует ожидать медленного, постепенного оживления не только металлургических, но и обрабатывающих предприятий и т.д. *“Не исключено, что старый лозунг 30-х годов “Догнать и перегнать!” будет поднят из тенет забвения. Задача индустриализации страны также остро подкатит к горлу: вырваться вперед или оставаться в числе слаборазвитых стран.”* В этих условиях особое значение приобретает оснащение предприятий современными информационными технологиями, поскольку они позволят резко сократить временные и материальные затраты, повысить производительность труда и качество производимой продукции и в результате существенно повысить конкурентные возможности предприятий и организаций на внутреннем и международном рынке. Вот несколько цитат, свидетельствующих о возможностях систем CAD/CAM.

“Сначала, когда мы приобретали Pro/ENGINEER, наша цель была уменьшить наш производственный цикл с 18 до 12 месяцев” - говорит Стив Гомперц - ведущий конструктор компании Medtronic, Inc. (лидер в производстве медицинского оборудования), - “мы не только достигли намеченных целей, но и перевыполнили их. С Pro/ENGINEER мы выполнили проект нашего шагового двигателя за 9 месяцев, достигнув наикратчайшего времени выхода нашего продукта на рынок. Pro/ENGINEER позволил нам связать весь цикл от проектирования до изготовления и даже упаковки - воедино, так как позволяет работать нескольким подразделениям параллельно над одним проектом с единой 3-х мерной моделью. Предполагаемые изменения могут быть внесены мгновенно во все стадии, благодаря полной двунаправленной ассоциативности и параметризации.”

“Мы достаточно долго выбирали подходящую систему. Нам нужна была мощная система, поддерживающая и объемное твердотельное проектирование деталей, и сборку узлов, и инженерные расчеты, но при этом простая в эксплуатации (мы не можем позволить себе тратить человеко-месяцы на ее освоение) и, главное, работающая на любой платформе: от PC до рабочей станции. **Cimatron** удовлетворил все наши требования. Мы поставили его на самую обычную персоналку, далеко не новую (486DX2), и уже через 4 дня после инсталляции разработали с его помощью первый конкретный проект.”

А.И.Михайлин, НПОСпецматериалов, RM Magazine N3-4, 1996.

Внедрение современных информационных технологий типа CAD/CAM может быть тем начальным импульсом, который позволит предприятию или организации ускорить выход из кризисного положения.

Эксплуатация системы Симатрон на таких предприятиях как

АО "Моторостроитель" (Самара), АО "А.Люлька-Сатурн" и ММПО "Салют" (Москва), НПО "Завод им. Климова", "Ленинградский Металлический завод" (Санкт-Петербург), КМПО (Казань), "Уральская Кузница" (Чебаркуль), АО "Новокраматорский машиностроительный завод" (Краматорск), "Кременчугский колесный завод" (Кременчуг), Ижевский Мотозавод (Ижевск), АО "Авиакор" (Самара), Станкостроительное производственное Объединение (Стерлитамак), АОЗТ "Заинский Автоагрегатный завод" (Заинек), "Чебоксарский агрегатный завод"

и многих других позволила в несколько раз сократить трудоемкость, повысить качество проектирования и производства.

Следует отметить интерес к CAD/CAM-системам со стороны ярославских предприятий: АО Автодизель и ООО ИФО первыми закупили системы, соответственно, Pro/ENGINEER и Cimatron и приступили к их освоению. Тот факт, что большинство наших предприятий и организаций значительно отстает от мирового уровня использования информационных технологий, позволит внедрить современные системы CAD/CAM быстро и с минимальными потерями, поскольку будут учитываться ошибки и опыт ведущих западных фирм.

Положительным моментом является также отмечаемая жесткая конкуренция между западными производителями CAD/CAM систем. Отрицательным моментом – необходимость ломки сложившихся традиций и, следовательно, сопротивление со стороны административно-управленческого персонала под лозунгом: “можно найти лучшее применение имеющимся ограниченными ресурсам, чем тратить средства с туманными перспективами...”.

4.2 Потребность в квалифицированных кадрах

Как в условиях прогнозирования западных инвестиций в машиностроительные предприятия Ярославской области, так и при возрождении промышленности за счет внутренних резервов России (регионов) возникает потребность в квалифицированных специалистах, способных

- воспринимать, оценивать и адаптировать западные интегрированные машиностроительные компьютерные технологии и
- обеспечивать создание конкурентно-способной продукции на основе полного использования возможностей систем CAD/CAM.

Взрыв интереса к современным системам CAD/CAM в промышленности заставляет государственные технические университеты России, которые заботятся о сохранении научно-технического потенциала страны и качества выпускаемых специалистов, активно внедрять системы автоматизированного проектирования в учебный процесс. Наличие таких систем в технических университетах стало *de facto* показателем современности учебного процесса. Так, в рамках программы фирмы Симатрон **“Высокие технологии – вузам России”** ряд технических университетов еще в 1995 году начали использовать в учебном процессе CAD/CAM Cimatron:

Архангельский Государственный Технический Университет
 Балтийский Государственный Технический Университет
 Военно-Инженерная Космическая Академия им. Можайского
 Донской Государственный Технический Университет
 Санкт-Петербургский Институт Точной Механики и Оптики (ТУ)
 Казанский Государственный Технический Университет
 Красноярский Государственный Технический Университет
 Кузбасский Государственный Технический Университет (г. Кемерово)
 Московский Государственный Технический Университет "Станкин"
 Оренбургский Государственный Университет
 Самарский Авиационно-Космический Университет
 Севмашвуз (г. Северодвинск)
 Пермский Государственный Технический Университет
 Технологический Университет Подолии
 Тольяттинский Политехнический Институт
 Ульяновский Государственный Университет
 Черкасский Инженерно-Технологический Институт.

При передаче своей системы техническим университетам фирма Симатрон указывает, в частности, следующие направления использования:

- 1) обучение студентов,
- 2) целевая подготовка специалистов по запросам предприятий,
- 3) обучение работников промышленности;
- 4) разработка новых приложений;
- 5) выполнение опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ для предприятий-пользователей системы Симатрон;
- 6) организация семинаров.

4.3 Предложение кафедры “Технология машиностроения”

Кафедра “Технология машиностроения” ЯГТУ, отслеживая тенденции развития производства, имея многолетний опыт и методические разработки в области обучения машиностроительным компьютерным технологиям, предлагает

1. открыть новое, перспективное направление подготовки специалистов-пользователей CAD/CAM – **“Компьютерно-интегрированное машиностроение”**;

2. организовать, используя предложение¹ от фирмы “Би Питрон”, **учебно-методический центр CAD/CAM** на базе кафедры “Технология машиностроения” с целью концентрации интегрированных технологических решений и переподготовки кадров машиностроительных предприятий Ярославля и региона.

На прошедшем в конце октября 1995 г. в ЯГТУ по инициативе кафедры заседании Президиума Совета российского учебно-методического объединения (УМО) по образованию в области автоматизированного машиностроения (в который входят зав. кафедрами технологии машиностроения ведущих машиностроительных вузов страны) кафедра технологии машиностроения ЯГТУ предложила учебный план новой специализации – “Компьютерно-интегрированное машиностроение”.

Открытие центра CAD/CAM и новой специализации актуально в связи с тем, что

- ◆ машиностроительные заводы ярославской области сформировали значительный парк достаточно современных компьютеров, позволяющих внедрять и объединять посредством информационных сетей различные САПР конструкторского, технологического или смешанного вида;
- ◆ на некоторых ярославских предприятиях уже приобретены и осваиваются западные компьютерные системы CAD/CAM, реализующие концепции CIM;
- ◆ возник дефицит, особенно в специалистах среднего поколения, способных грамотно оценивать и эксплуатировать современные компьютеризированные машиностроительные системы потенциальных западных инвесторов.

Для развертывания центра CAD/CAM и полноценного учебного процесса кафедре необходимо оказать определенную помощь для приобретения лицензионного программного и аппаратного обеспечения. Прежде чем перейти к анализу объема этой помощи рассмотрим текущее состояние и оснащение учебного процесса на кафедре по направлению САПР.

5. Готовность кафедры к переходу на новый уровень обучения

5.1 Уровень компьютеризации на кафедре

По действующему учебному плану практическое овладение средствами CAD/CAM на кафедре “Технология машиностроения” Ярославского государственного технического университета происходит в течение 2-х семестров на 4-5 курсах в рамках дисциплины “Системы автоматизированного проектирования технологических процессов” (САПР ТП), а завершается при выполнении дипломного проекта. Лабораторный практикум, проводимый в дисплейном классе, укомплектованном машинами АТ/286, объединенными в локальную сеть Novell на аппаратной базе D-link, составлен из ряда зарубежных и отечественных САПР, предназначенных для решения наиболее характерных, отчасти традиционных задач технологической подготовки производства.

Готовность кафедры к переходу на новый уровень обучения обусловлена накопленным опытом научно-методических разработок, включенных в учебную программу.

На 4-м курсе подготовка графической документации изучается на базе интерактивной системы AutoCAD 10 версии. Поскольку начальное овладение этим пакетом недавно стало возможным на младших курсах ЯГТУ, то на спецкафедре студенты знакомятся теперь с прикладными системами на языке AutoLISP пакета AutoCAD для проектирования режущего инструмента (которые созданы студентами-дипломниками² для заводского применения).

Использование машинной графики для программного оформления результатов проектирования в САПР рассматривается на примере пакета ГРАФОР (ИПМ АН СССР). Подготовленный на кафедре диалоговый комплекс обеспечивает ввод программы формирования небольшого чертежа или графика на языке ФОРТРАН, получение загрузочного файла, просмотр рисунка, корректировку описания, вывод на принтер текста программы и рисунка. Библиотека этой отечественной системы весьма обширна, а работа с ней не требует специальной подготовки по программированию, как это, например, необходимо для такого же – пакетного – формирования графики на языке Паскале. В ГРАФОРЕ, как и в AutoCAD, имеются средства вывода на принтер для отчета о проделанной работе.

¹ Текст документа на имя ректора ЯГТУ академика Ю.А. Москвичева приводится в Приложении 1.

² Калачев О.Н. САПР технологических процессов: Лабораторный практикум на IBM PC: Учеб. пособие для вузов по спец. “Технология машиностроения”/ Яросл. политехн. ин-т.-Ярославль, 1991.-147 с.

Для изучения информационного обеспечения и взаимодействия с базами данных (БД) используется СУБД FoxPro. Ознакомление с этой системой на уровне основных команд языка дает представление о возможностях аналогичных СУБД: dBASE, Clipper. В ходе работы студент, проанализировав возможные атрибуты заданного объекта, к примеру, – режущего инструмента, должен описать типы и размерность атрибутов, а затем, в ходе интерактивного диалога ввести структуру будущего файла БД, записи, сформулировать несколько логических функций запроса на поиск, распечатать структуру и содержание БД посредством команд языка.

Проектирование управляющих программ (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) выполняется с использованием САПР-ЧПУ (Пермь, СП “Евразия”). Особенностью системы является возможность просмотра на экране дисплея статического перемещения инструмента в ходе обработки по спроектированной системой УП. Подготовка и запись в файл описания контура и технологических команд помогает освоить однотипную структуру языков такого рода.

Разработанная на кафедре³ система анализа точности механообработки оформляет – в графическом виде – по введенным значениям выборки результаты замеров и расчета: точечную диаграмму и кривые рассеяния. На печать выводится также таблица с данными проверки адекватности распределению Гаусса критерием Пирсона. Система позволяет сократить традиционную 4-часовую л/работу курса “Технология машиностроения” до одного часа, сводя ее только к манипуляциям с микрометром, а затем обработке на компьютере. Небезынтересно “поиграть” с системой, отмечая влияние измерений на характер гистограммы распределения.

Созданная также на кафедре система автоматизации размерных расчетов⁴ обеспечивает выявление и решение технологических размерных цепей на основе анализа графовых структур. Данная система активно используется при выполнении курсовых и дипломных проектов. Фактически она позволяет анализировать математическую модель составленного маршрута обработки заготовки и на этапе проектирования оценивать достижимость заданной точности размеров чертежа детали. Более совершенный вариант системы KON7 позволяет⁵ готовить данные, указывая обрабатываемые поверхности непосредственно на эскизе детали (подготовленном в стандарте AutoCAD) – на экране монитора.

Комплексными системами, работой с которыми завершается практикум на 5-м курсе, являются автоматизированные рабочие места (АРМ). Так, “АРМ Технолога” (Новосибирск, НПО СИСТЕМА) обеспечивает проектирование маршрутного технологического процесса. Данная САПР, созданная на базе СУБД Foxbase, иллюстрирует возможности информационных систем по созданию дружественного интерфейса, дополняя ранее полученные знания по работе с аналогичной СУБД посредством команд нижнего уровня. Более квалифицированным студентам под контролем преподавателя разрешается модифицировать БД, дополняя ее сведениями о новом оборудовании и инструментах.

Кафедральная разработка – “АРМ К-Т” (Конструктора-Технолога)⁶, решает комплексные задачи оценки технологичности изделия, трудоемкости изготовления и реализации различного рода запросов к БД изделия. Система на базе СУБД Foxbase демонстрирует развитую структуру меню как на этапе ввода содержания БД (с автоматическим кодированием конструкторско-технологической информации о каждой детали или сборочной единице), так и на этапах ввода запросов и оформления результатов проектирования с выводом на печать.

Наиболее склонные к работе на компьютерах студенты систематически в ходе дипломного проектирования создают компоненты САПР, совершенствуют на кафедре программное обеспечение (ПО) учебного процесса, например переводят на Паскаль оставшееся на ЕС-1061 ПО для автоматизации трудоемких расчетов режимов резания, разрабатывают новые версии существующих программ, учитывающие выявленные недостатки при промышленной эксплуатации. За создание интерактивной графической системы в AutoCAD на языке AutoLISP дипломный проект ст. Канаева

³ Калачев О.Н., Сеницын В.Т. Применение вычислительной техники в курсовом и дипломном проектировании по технологии машиностроения: Учеб. пособие.- 2-е изд., перераб. и доп./ Ярослав. политехн. ин-т.- Ярославль, 1989.-87 с.

⁴ Калачев О.Н., Рудницкий В.Ф., Иванов П.И. Автоматизированная система расчета на ПЭВМ технологических размеров мехобработки/ Ярослав. политехн. ин-т. - Ярославль, 1991.-9 с.- Деп. в Информприбор, N 5020 - пр.91 от 23.07.91.

⁵ Kalachev O.N. Computer Graphics in Dimensional Analysis of Technological Processes of Machining//Conference proceedings. AMTECH'95. Science Conference Advanced Manufacturing Technology, Rousse, Bulgaria, 19-21 April 1995. С.156-163.

⁶ Калачев О.Н. Реализация на ПЭВМ автоматизированной системы оценки технологичности конструкции изделия/ Ярослав. политехн. ин-т.- Ярославль, 1991.- 20 с. Деп. в Информприбор, N 5010- пр. 91 от 17.06.91.

С.В. в 1995 г. был удостоен диплома Госкомитета РФ по высшему образованию. [К сожалению, многие такие выпускники, которые могли быстро адаптироваться к идеологии CAD/CAM, по нашим сведениям оставляют заводы и переходят в коммерческие структуры.]

5.2 Методическое и аппаратное обеспечение

Решению задачи подготовки инженеров специальности 12.01 к новой форме интеллектуальной деятельности – на базе эксплуатации систем CAD/CAM – служит разработанный на кафедре комплекс методической литературы, ориентированный на аппаратную базу – компьютеры стандарта IBM и включающий лабораторный практикум², учебные пособия^{3,7} и ряд методических указаний. Совместно с МГТУ СТАНКИН, при участии ведущего специалиста России по САПР ТП – академика Митрофанова В.Г., в ЯГТУ выпущено учебное пособие “САПР в технологии машиностроения” (объемом 20 п.л.)⁸. Работы 7,8 имеют гриф УМО по образованию в области автоматизированного машиностроения.

Важно подчеркнуть, что устаревшая аппаратная база (компьютеры на базе процессора 286, с объемом памяти 40 Мб! – на несколько кафедр, одновременно работающих в дисплейном классе) не позволяет использовать в учебном процессе более современное программное обеспечение (все чаще требуются компьютеры с процессором Pentium и RAM 8Mb и более!), а нищенское финансирование вузов означает, что передовые западные системы не могут быть приобретены легально, а будучи получены пиратски – не могут быть установлены по причине отсутствия современных аппаратных средств.

В настоящее время решен вопрос об оснащении кафедры достаточно мощным компьютером в счет оплаты обучения 3-х студентов из Пакистана. Однако на одном компьютере можно реализовать только методическую проработку курсов новой специализации и демонстрации систем.



5.3 Предлагаемое изменение учебного процесса

Таблица 1

Фрагмент учебного плана новой специализации

Наименование дисциплины	Экз.	Зач.	Всего	Всего	Лекц	Пр.	Лаб.	Инд.	Сам.	7	8	9
Автоматизированные системы передачи и обработки информации		7	72	46	26	4	18	12	14	2,8		
Автоматизированные системы технологической подготовки производства	9		158	100	42	10	48	30	28			5,8
Компьютерно-графическое моделирование в машиностроении		8	96	68	44		24	8	20		4,5	
Основы автоматизированного управления машиностроительным предприятием		9	104	52	36		16	14	38			2,9
Наладка и диагностика компьютеризированных технологических систем	9		104	50	28	6	16	14	40			2,7

В учебном плане новой специализации – “Компьютерно-интегрированное машиностроение”, который утвержден весной 1996 г., в отличие от дисциплин существующих специализаций кафедры (и специализаций, например, МГТУ СТАНКИН) основное внимание предлагается уделять расширению подготовки по 3-мерному геометрическому моделированию на базе CAD/CAM

⁷ Калачев О.Н. Основы САПР в технологии машиностроения: Уч. пособие. Ярославль, ЯрПИ, 1993.-180с.

⁸ Митрофанов В.Г., Калачев О.Н., Схиртладзе А.Г. и др. САПР в технологии машиностроения: Учебное пособие. - Ярославль, Яросл. гос. техн. ун-т, 1995.-298 с.

Cimatron; способам “ведения” и передачи технологической информации; системам автоматизированного программирования и управления оборудованием с ЧПУ и т.п. Таким образом, из существующего курса САПР ТП (объемом 44 лекц. часов) выделяются пять самостоятельных дисциплин (табл.1).

В курсе “Автоматизированные системы передачи и обработки информации” предполагается углубить те разделы САПР ТП, которые связаны с использованием систем управления базами данных (СУБД) на различных уровнях технологической подготовки производства, а также вопросам ведением проекта при параллельной организации проектирования с использованием информационных сетей. В курсе “Автоматизированные системы технологической подготовки производства” рассматриваются методологические вопросы создания и эксплуатации CAD/CAM – систем на уровне математического, лингвистического, программного и методического обеспечений. В курсе “Компьютерно-графическое моделирование в машиностроении” изучается базовая система CAD/CAM типа Cimatron с целью использования для 3-мерного проектирования изделий основного, вспомогательного и инструментального производства и получения УП для оборудования с ЧПУ. Курс “Основы автоматизированного управления машиностроительным предприятием” посвящен вопросам компьютерного обеспечения управления машиностроительными структурами на основе календарного планирования. Курс “Наладка и диагностика компьютеризированных технологических систем” рассматривает нижний уровень иерархии CAD/CAM – сопряжение результатов проектирования с оборудованием: реализацию связи между проектировщиком и процессором системы ЧПУ механообрабатывающих систем. Минимальный объем лабораторного практикума по дисциплинам данной специализации составляет 128 час.

6. Сводка материальных потребностей открытия центра CAD/CAM и специализации

6.1 Аппаратное обеспечение

Необходимым условием открытия центра и развертывания подготовки кадров по новой специализации является дооснащение кафедры современной вычислительной техникой. Минимальная потребность для подготовки 15 - 20 специалистов (одна учебная группа и, возможно, группа производственников) – 8 рабочих мест (см. планировку в разделе 7). Базовая система Симатрон может быть установлена на компьютерах разных платформ (рис.6 и Приложение 2). Однако с точки зрения стоимости и унификации имеющегося и вновь получаемого ПО, целесообразно приобретение компьютеров стандарта IBM с микропроцессором не ниже Pentium⁹ 120МГц (оперативная память 32 Мб, HDD 1Гб). Такие ПК, оснащенные современной ОС Windows95, позволят эксплуатировать ранее созданное ПО и другие CAD-системы, например, 3-мерные приложения на базе Autodesk Mechanical Desktop, а также могут быть объединены в сеть средствами Windows95. Стоимость одного такого компьютера западной сборки составляет 900 \$.

Каждый компьютер для работы с обсуждаемыми графическими пакетами CAD/CAM должен быть оснащен мониторами 17 (20) дюймов с разрешающей способностью не менее 1024x768 пикселей стоимостью 1100 \$ (выбор более дешевых мониторов очень скоро скажется на зрении студентов и, в особенности, преподавателей).

Необходимым компонентом дисплейного класса является устройство вывода текстовой и графической документации – принтер и плоттер. Стоимость плоттера Epson формата А3 составляет 400 \$, а формата А1 (ватманский лист машиностроительного чертежа) – 2700 \$. Лазерный принтер HP Lj5 – 650 \$ и матричный принтер Epson – 160 \$.

6.2 Программное обеспечение

Ключевым программным продуктом, который предполагается закупить и использовать для обучения по новой специализации является **CAD/CAM Cimatron**. Выбор именно этой системы (в

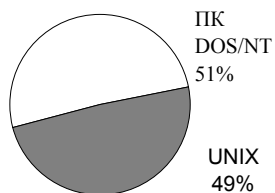


Рис.6. Платформы Симатрон
Источник: Cimatron Ltd., Givat Shmuel, Israel

⁹ Стоимость простейшей рабочей станции Silicon Graphics со скидкой 35% для вузов составляет \$4.676

последующих разделах 8 - 10 приведен обзор систем CAD/CAM) объясняется целым рядом причин. Во-первых, это современная промышленная система, которая принята за базовую в проекте “Высокие технологии – вузам России” (академик МАИ Павлов В.В., МГТУ Станкин), используется, как было отмечено выше, в учебном процессе ряда технических университетов (в 1996 в Казани проводилась всероссийская студенческая олимпиада по Cimatron).

Во-вторых, имеется предложение (см. Приложение 1) от фирмы Би Питрон (С.-Петербург) по организации учебно-методического центра и о поставке системы на льготных условиях (в декабре 1996 г. заключено Соглашение о сотрудничестве между ЯГТУ и Би Питрон).

В-третьих, фирма уже передала одну лицензионную копию системы на кафедру “Технология машиностроения”, предоставила возможность пройти недельное интенсивное обучение доц. кафедры Калачеву О.Н.

В-четвертых, данная система может быть развернута на компьютерах PC DOS/NT/95, что позволит использовать их в режиме двойного применения, т.е. как для эксплуатации имеющего лабораторного практикума, так и дополнительно приобретаемых под новую специализацию систем.

Наконец, в-пятых, Cimatron развивается и уже используется на заводах Ярославля.

Стоимость одной установки Cimatron – 2000 \$, в случае приобретения более 5-ти копий – снижается до 1500 \$. Таким образом, общая стоимость Cimatron на 8 мест составляет 12.000\$.

Помимо Симатрон необходимо иметь ряд более “легких” систем CAD и CAM:

- 1) **AMD Autodesk** (см. раздел 10) стоимостью для учебных целей – 1300 \$. Отметим, что данная CAD-система сопрягается с Симатрон по формату DXF и др. Некоторые ее компоненты хорошо известны (AutoCAD) и нелегально используются в вузе.
- 2) **Genius Mold** для проектирование оснастки для литья пластмасс – 1.350 \$.
- 3) Ряд систем может быть выбран из прилагаемого обзора (см. раздел 11) по мере поступления от предприятий заявок на подготовку специалистов CAD/CAM по конкретным узким направлениям.

6.3 Итоговая сводка

Результаты рассмотренного выше анализа потребностей по аппаратному и программному обеспечению приведены (долл. США) в табл. 2.

Созданная материальная база в дальнейшем позволит организовать в ЯГТУ переподготовку кадров машиностроительных предприятий города и области.

Таблица 2

Наименование	Стоимость	Минимальный вариант		Максимальный вариант	
		Количество	Стоимость	Количество	Стоимость
Компьютеры	2000	8	16 000	8	16 000
Плоттер А3	400	2	800	1	400
Плоттер А1	2700	-	-	1	2700
Принтер Lj5	600	1	600	1	600
Принтер мат.	160	1	160	2	320
Симатрон	1500	8	12 000	8	12 000
AMD	1300	-	-	8	10 400
Mold	1350	-	-	2	2700
			29 560		45 120

7. Планировка дисплейного класса центра

Для размещения дисплейного класса центра может быть использован пустующий машинный зал от ЭВМ ЕС-1022 в корпусе “В” ЯГТУ. Зал находится на 2-м этаже, имеет площадь 160 кв. м. В настоящее время там на площади около 40 кв. м. установлена устаревшая СМ ЭВМ и примитивный сервер функционирующего в соседней аудитории дисплейного класса в аудитории В-111. Специально подготовленные полы от ЕС-1022 могут быть полезны для прокладки коммуникаций. Территориально этот зал весьма удобен, поскольку он расположен как раз над кафедрой технологии машиностроения. Необходимые помещения для обслуживающего персонала остались в избытке со времен ЕС-1022. Таким образом, дисплейный класс на 8 рабочих мест может быть развернут пока на площади в 100 кв. м., остальная часть будет использована по мере расширения подготовки специалистов – увеличения рабочих мест – после списания СМ ЭВМ.

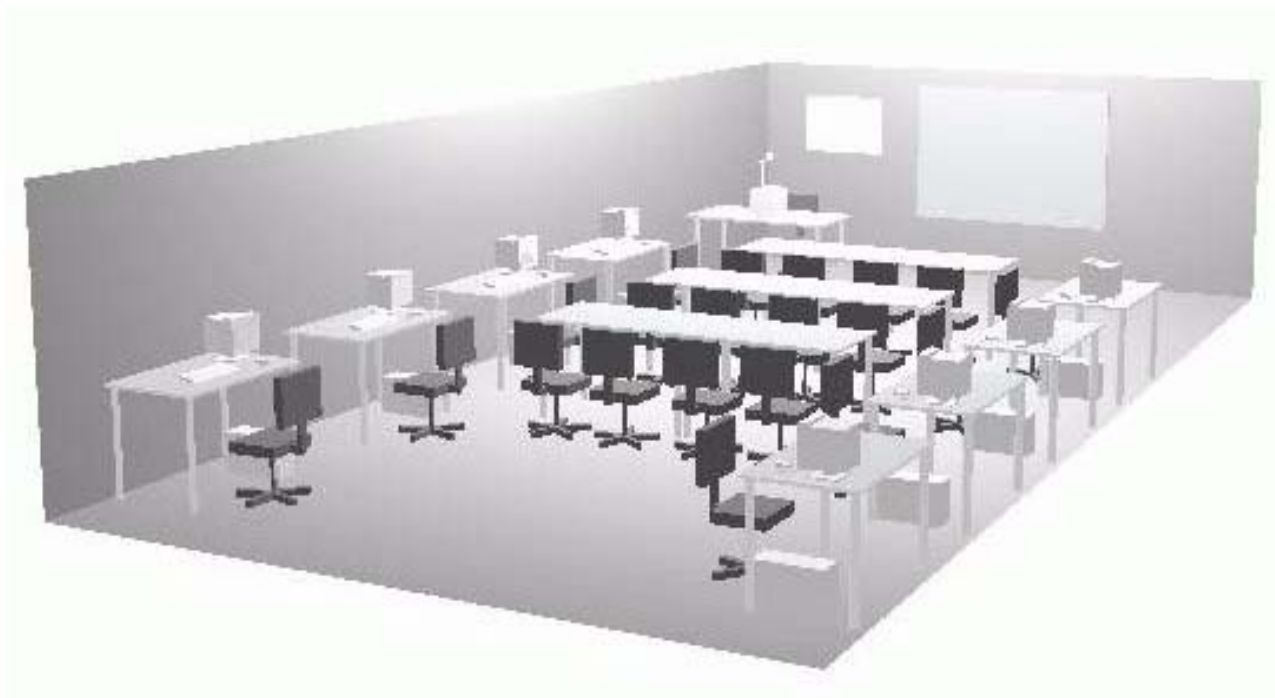


Рис.7. Реалистическое представление расстановки оборудования

При монтаже оборудования необходимо предусмотреть подключение локальной сети центра к общей сети ЯГТУ с выходом в Internet. В этом году на кафедре начались работы над созданием методического обеспечения обучающей системы на базе WWW Internet.

На рисунках 7 - 11 представлено несколько видов планировок дисплейного класса, выполненных с помощью разных компьютерных систем. Рисунки 10, 11 подготовлены посредством профессиональной архитектурной CAD ARC+ (Франция), распространяемой фирмой PИTON (С.-Петербург), а на рисунках 7 - 9 показаны результаты проектирования студента-дипломника кафедры в системе AutoCAD R13 (на компьютере Pentium – вне университета).

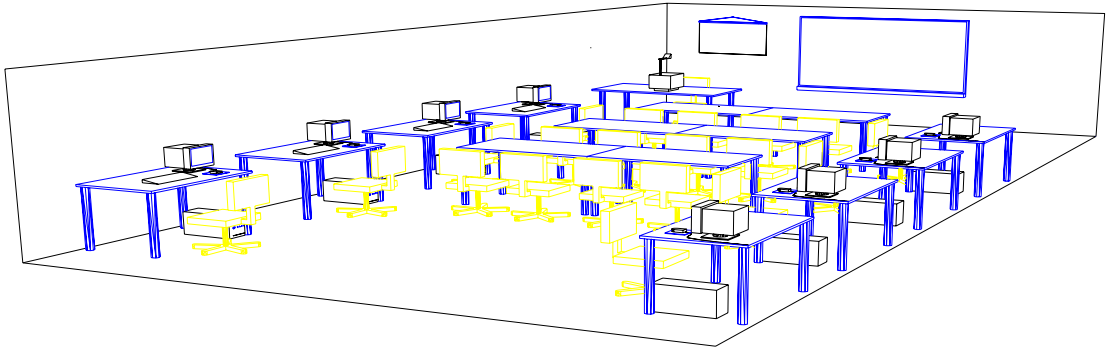


Рис. 8. Планировка компьютерного зала центра средствами системы AutoCAD R13

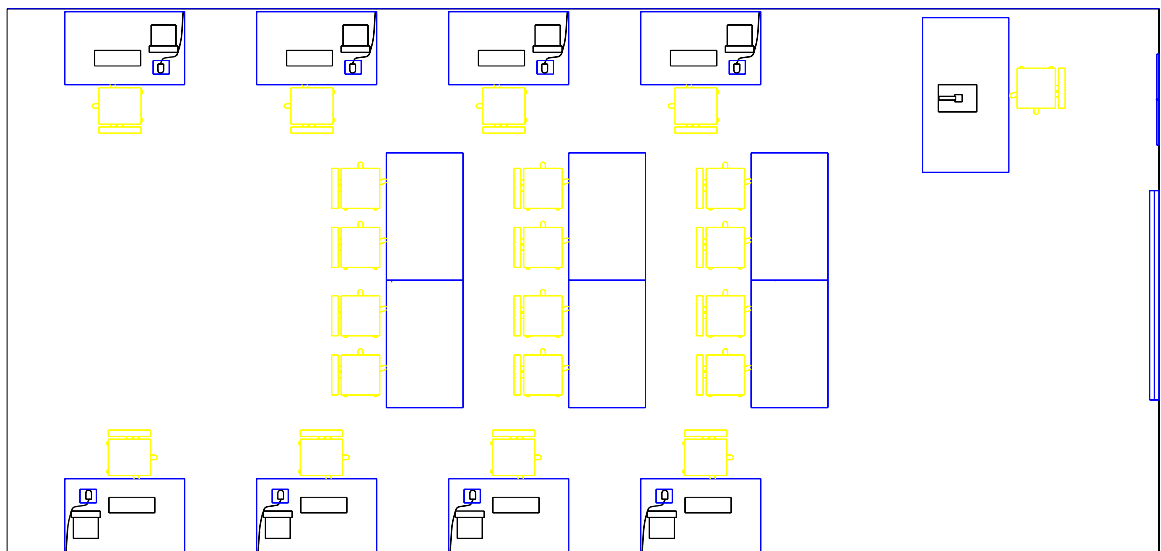


Рис.9. Вид сверху (длина зала 12 000, ширина 6 000)



Рис.10. Интерьер зала (фирма ARC+ ПИТОН С.-Петербург специально для кафедры ТМС)

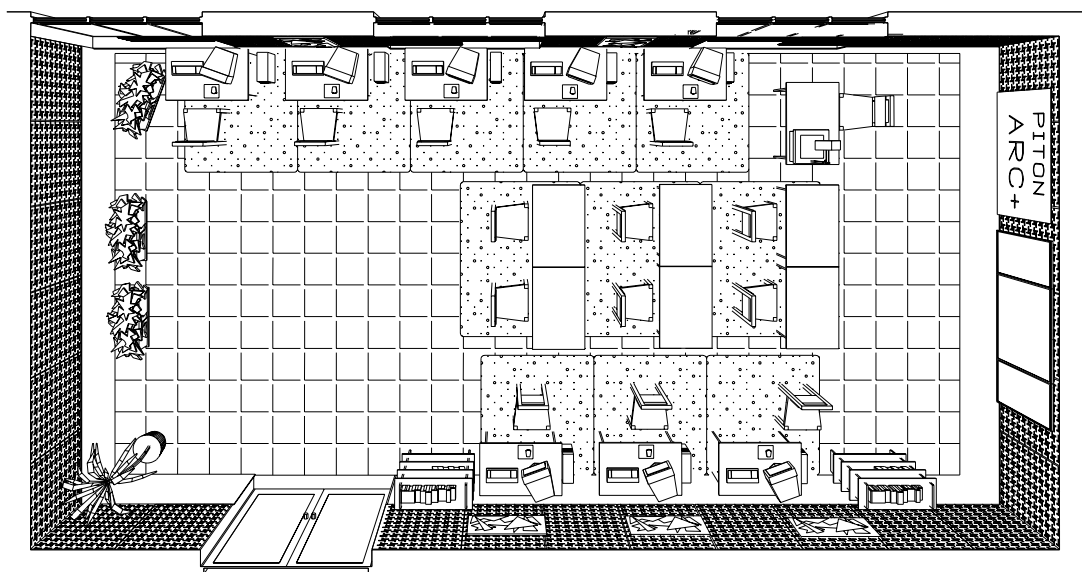


Рис.11. Вид сверху (проект фирмы ARC+ ПИТОН С.-Петербург)

8. Обзор систем CAD/CAM

Все программные системы, имеющиеся в настоящее время на рынке CAD/CAM-систем и находящиеся в эксплуатации, в зависимости от решаемых ими задач, можно разделить на две группы: специализированные и универсальные системы.

- Специализированные программные системы могут использоваться как автономные самостоятельные системы, так и включаться в состав универсальных систем.
- Универсальные CAD/CAE/CAM системы предназначены для комплексной автоматизации процессов проектирования и производства продукции машиностроения. Их можно разделить на три группы в зависимости от их функциональных возможностей, набора модулей и структурной организации системы: системы низкого и среднего уровня, а также полномасштабные системы.
 - 1) Системы низкого уровня обычно имеют ограниченный набор модулей, включающий графический моделлер (графическое ядро) с 3D-поверхностной (иногда твердотельной) графикой, модуль визуализации трехмерных тел, модуль генерации программ для оборудования с ЧПУ и др.
 - 2) Системы среднего уровня имеют более широкий набор модулей, разрабатываемых в значительной мере фирмой-собственником системы. Системы этого класса обеспечивают более высокую функциональность при проектировании машиностроительных изделий, однако они также не имеют развитых модулей управления проектными данными и механическими сборками. В большинстве случаев, системы среднего уровня используют геометрические моделлеры первого поколения с ограниченными возможностями параметрического моделирования и ассоциативности. Технической базой для таких систем являются обычно персональные компьютеры с ОС UNIX или ПЭВМ уровня графических рабочих станций. К подобным системам могут быть отнесены следующие системы: KONSYS 2000, Pro/JUNIOR, MicroStation (занимает промежуточное положение) и др. Системы среднего уровня непрерывно развиваются и по своим возможностям приближаются к полномасштабным системам, а в ряде случаев и превосходят их.
 - 3) Наибольшими возможностями обладают полномасштабные CAD/CAE/CAM-системы. Обычно это сложные многофункциональные системы, в состав которых входит большой набор модулей (до 40...50) различного функционального назначения. Характеристика подобных систем будет дана ниже.

Пока же важно подчеркнуть, что на практике в большинстве западных и отечественных фирм и предприятий в эксплуатации находится большое число разнообразных специализированных и универсальных систем CAD/CAE/CAM различных версий и в различной конфигурации. Очень часто в разных подразделениях организации используются различные системы, иногда это имеет место даже на уровне отдельных разработчиков. Наличие подобного "зверинца" объясняется рядом причин: попытками подобрать наилучшую для данной организации систему, симпатиями и привычками отдельных сотрудников, желанием использовать для различных проектных задач наиболее подходящее программное обеспечение, необходимость использования единой системы с коммерческим партнером и др.

В качестве иллюстрации можно привести результаты обследования в 1993 г. одной из экспертных фирм в области САПР ряда фирм, использующих универсальную систему CAD/CAM Pro/ENGINEER фирмы PTC. Фирмы приобрели эту современную систему для перехода к твердотельному геометрическому моделированию, что, по их мнению, позволит существенно повысить эффективность применения CAD/CAM-систем в производственной деятельности. Таким образом, все фирмы используют Pro/ENGINEER для выполнения конструкторских работ, а модули препроцессора – для метода конечных элементов и листовой штамповки. Однако остальные модули системы, включая модули для станков с ЧПУ и для управления данными, фирмами практически не используются, поскольку они считают, что для этих задач лучше подходят соответствующие модули других систем (CADD5 4, CIM CAD, SmartCAM и др.).

Таким образом, реально во многих случаях в эксплуатации находятся неоднородные или гетерогенные системы CAD/CAM. Основная проблема, возникающая при использовании в одном проекте различных систем заключается в переносе из одной системы в другую геометрических моде-

лей сконструированных деталей и узлов. При этом необходимо обеспечить адекватность описания геометрических моделей с заданной точностью в разных системах. Как правило, для решения этой задачи используется преобразование внутреннего представления геометрической модели в формат одного из распространенных графических стандартов (ICES, VDA-FS STEP, DXF и др.). Однако при этом не удается достаточно полно согласовать графические возможности системы-источника и системы-приемника геометрической модели. В связи с этим часто используют модули прямой связи между известными системами CAD/CAM, например, CATIA-CADDS, CADDS-CATIA, I/EMS-MEDUSA, MEDUSA-I/EMS и т.п.

Перейдем теперь к краткой характеристике наиболее известных систем типа CAD/CAM, оставляя рассмотрение наиболее предпочтительных для учебного процесса систем до следующего параграфа. [Данные экономического и, зачастую, технического характера, с нашей точки зрения, следует воспринимать критически, поскольку они базируются в значительной степени на рекламных материалах разработчиков систем. В том же случае, когда для характеристики компании прибегают к услугам фирм, специализирующихся на исследованиях подобного рода, например Daratech. Inc., то при чтении опубликованного анализа невольно складывается впечатление о некоторой заинтересованности фирмы в подчеркивании только достоинств системы.]

Система **CADDSS** разработана и распространяется фирмой Computervision. Последние годы фирма лидирует в области CAO/CAE/CAM как по объему продаж, так и по уровню разработок на основе длительного опыта работ в этой области. Однако в 1994 г. фирма уступила лидерство по объему продаж в секторе CAD фирме PTC, продолжая лидировать в секторах CAM и PDM. На конец 1994 г. в фирме работало 3800 сотрудников. В настоящее время фирма - один из лидеров в России на рынке продаж CAD/CAE/CAM систем для рабочих станций. К достоинствам системы можно отнести следующие:

- полный набор функциональных модулей, включая Piping, Cabling и HVAC,
- распространенная система с большим числом инсталляций;
- полная двунаправленная ассоциативность между большинством функциональных модулей;
- хорошее управление данными, есть связь с коммерческими СУБД, модуль EDM продается как самостоятельный продукт,
- поддерживает видеоконференции, современный графический интерфейс пользователя (OSF Motif);
- графический интерфейс - единый для большинства модулей,
- хорошие возможности расширения системы (CV- DORS);
- быстро устраняются недостатки и наращивается число модулей,
- система имеет поддержку на ПЭВМ, совместимых с IBM PC и PS/2, включающую пакеты Personal Machinist, Personal Designer, Design View, Design Post.

К недостаткам системы относятся: высокая сложность системы для освоения, использования и управления;

сложный и громоздкий интерфейс пользователя; проблемы в системной интеграции. Часть модулей, разработанных третьими фирмами, не поддерживает все функции системы;

имеются модули с одинаковым назначением; имеются проблемы в стыковке пакетов на ПЭВМ с CADDSS5.

Помимо CADDSS5 фирма распространяет систему CAD/CAM **Medusa** и средства управления данными EDM. Medusa - популярный в прошлом пакет, но в настоящее время устарел и не конкурирует с большинством рассматриваемых систем. Фирма большое внимание уделяет развитию системы, в последнее время предложена новейшая технология разработки и адаптации средств CAD/CAE/CAM под названием PELORUS. Однако информация о ней ограничена и не позволяет оценить ее возможности. Тем не менее PELORUS принята как базовая технология такой всемирно известной фирмой, как Mercedes Benz консорциумом Ail-bus Industrie. Финансовое положение фирмы в последнее время существенно улучшилось в результате структурной реорганизации и заключения ряда крупных контрактов.

Система **CATIA** разработана и распространяется фирмой Dassault Systems, но правами собственности обладает IBM, также распространяющая эту систему. Система получила известность благодаря авторитету и финансовым возможностям IBM. В 1993 г. появилась версия 4. На ноябрь 1991 г. в фирме работало 1000 сотрудников. CATIA широко распространена в авиакосмической и

автомобильной промышленности.

Достоинства системы:

полный набор функциональных модулей, включая Piping, Cabling и HVAC;
распространенная система с большим числом инсталляций;
современный графический интерфейс пользователя с использованием пиктограмм;
прекрасные возможности в моделировании поверхностей;
хорошо зарекомендовавшая себя технологическая часть;
может использоваться на Power PC, имеются средства управления роботами; на CATIA выполнен ряд сложных проектов: Воieng 777 и серия LH автомобилей фирмы Chrysler.

Недостатки системы:

недостаточный уровень графического интерфейса пользователя;
в геометрических моделях недостаточный уровень ассоциативности - устаревшее графическое ядро;

основные проекты выполнены в предыдущих версиях CATIA на mainframe, а не на рабочих станциях под AIX; недостаточный уровень средств анализа; слабая поддержка в проблемных приложениях; нет поддержки на ПЭВМ с процессорами Intel; нет средств концептуального проектирования сложных изделий;

реализована только на технических средствах IBM. Система по ряду аспектов морально устарела и уступает современным лидерам в области CAD/CAE/CAM.

Система **ICEM** разработана и распространяется известной в прошлом фирмой Control Data Systems. В связи с ошибками руководства корпорацией понесла большие финансовые потери и находится практически в критическом положении. На февраль 1992 в фирме работало 5000 сотрудников (в 1987 г. - 34500). ICEM содержит полный набор модулей, характерный для CAD/CAE/CAM систем, и распространяется совместно с такими продуктами других фирм, как DUCT (фирмы Delcam) и Pro/Engineer (фирмы PTC). На Западе ICEM достаточно распространена в автомобильной и авиационной промышленности, менее известна она в России.

Слабой стороной системы является объединение модулей, отвечающих современным требованиям и устаревших, а также полная реализация системы на рабочих станциях типа Cyber 910, имеющих слабое распространение. Будущее системы неопределенно в связи с тяжелым положением фирмы.

Система **I-DEAS** разработана и распространяется фирмой Structural Dynamics Research Corp. (SDRC). В настоящее время выпущена версия системы под названием Master Series. Эта же система под названием CAEDS распространяется фирмой IBM. В странах СНГ ранние версии I-DEAS достаточно известны под названием "Ирис", которые поставлялись болгарскими с их ЭВМ – аналогами семейства VAX. Финансовое положение фирмы удовлетворительное, поскольку прикладываются значительные усилия по развитию I-DEAS и проводится агрессивная политика по внедрению системы в различные отрасли. Фирма заключила соглашения с такими известными фирмами, как Autodesk, Mentor Graphics и Samax по интеграции программных продуктов и совместном их распространении. На январь 1991 в фирме работало 950 сотрудников. Традиционно I-DEAS известна в России как пакет для моделирования с использованием МКЭ, однако в настоящий момент это мощная CAD/CAE/CAM-система, включающая обширный набор модулей для организации различных вариантов рабочих мест. К недостаткам системы можно отнести недостаточный уровень управления данными, управления механическими сборками и поддержки коллективной работы, а также возможность поддержки на ПЭВМ только на уровне AutoCAD.

Система **I/EMS** разработана и распространяется фирмой Intergraph Corp., которая, в отличие от всех рассматриваемых фирм, является крупным производителем рабочих станций и периферии (однако рабочие станции создаются на базе процессоров Intel и имеют высокую стоимость). Благодаря этому фирма предлагает потребителям "интегрированные решения" в области CAD/CAM систем для различных применений. Финансовое положение фирмы удовлетворительное. I/EMS по своим возможностям является одним из лидеров среди CAD/CAE/CAM систем, однако, поскольку она не имеет длительной истории в отличие от CADDs, CATIA, ANVIL и из-за ориентации фирмы в основном на картографию, по объему продаж она уступает другим системам. Intergraph - крупнейшая фирма по производству CAD/CAE/CAM-систем, на январь 1991 г. в ней работало 10000 сотрудников. В СНГ системы фирмы практически не известны, что в значительной мере объясня-

ется действием ограничений СОСОМ и тем, что фирма вышла на российский рынок сравнительно недавно. I/EMS - современная CAD/CAE/CAM система, отвечающая самым высоким требованиям в этой области и включающая более 40 различных модулей, ориентированных на решение широкого круга задач. К слабым сторонам системы можно отнести недостаточный уровень работы с параметризованными сборочными единицами. В последнее время Inergraph, как и Computervision, уделяет большое внимание развитию инструментальных средств (фирмой предложена объектно-ориентированная технология Jupiter, поддерживающая технологию OLE-2 для Windows приложений) и созданию объектно-ориентированных графических систем.

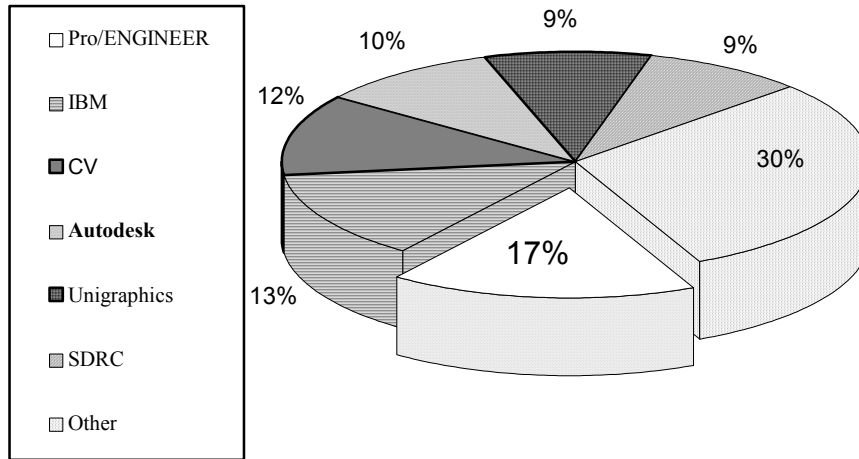


Рис.12. Доля рынка продаж системы Pro/ENGINEER

Источник: INTERSED, представитель PTC Cor. в России

Система **EUCLID-IS** разработана и продается фирмой Matra Datavision (Франция), входящей в состав Matra Group. Финансовое положение фирмы среднее, учитывая кризис в европейской промышленности. В странах СНГ ранние версии Euclid вместе с ANVILL – наиболее распространенные CAD/CAM системы на ЭВМ семейства VAX. На февраль 1992 г. в фирме работало 450 со-

трудников. EUCLID-IS – широко известная система, отличающаяся высоким уровнем твердотельного моделирования, хорошим управлением данными проекта и производственными приложениями. В 1992 г. вышли версии системы 2.3 и 2.4, а в 1993 г. - версия 3.0, отличающаяся улучшенной вариационной геометрией, фотореалистичной визуализацией объектов и новым графическим интерфейсом пользователя (на базе OSF Motif). Система объединяет большой набор специализированных модулей, ориентированных на решение различных задач в цикле проектирования. Особый интерес представляет модуль моделирования для процессов листовой штамповки. Matra Datavision развивает создание интегрированных программных модулей, специализированных на различных видах механообработки и реализующих все требуемые функции: Surfmaster и Foldmaster. В последнее время фирма стала распространять инструментальную среду для разработки приложений GAS/CADE, что усилило позиции системы особенно на рынке СНГ. Кроме того, в 1994 г. Matra Datavision добилась больших успехов на рынке САМ, заняв второе место по объему продаж. К слабым сторонам системы можно отнести недостаточную горизонтальную интеграцию модулей, недостаточный уровень управления данными и механическими сборками, поддержки коллективной работы и работы с ПЭВМ. Стоимость программного обеспечения для одного рабочего места от 10000\$.

Система **Pro/ENGINEER** разработана и распространяется фирмой Parametric Technology Corporation (PTC). Фирма очень динамична и очень быстро растет (рис.12). На ноябрь 1991 г. в фирме работало 300 сотрудников, а на конец 1994 г. – 1300. PTC – один из лидеров на рынке СНГ в секторе полномасштабных CAD/CAE/CAM систем. В конце 1994 г. распространялась версия 14.0 системы. Pro/ENGINEER – единственная на сегодняшний день CAD/CAM система, располагающая единой базой данных, с двунаправленной ассоциативностью и сквозной параметризацией. Pro/ENGINEER обладает уникальными возможностями в области сложных сборок (более 50000 сборочных единиц). Более 90% всей работы инженера выполняется в “твердых телах”. Система также предоставляет совершенный аппарат поверхностного моделирования, с возможностью контроля и модификации производимых в любой точке поверхности, специализированных инженерных приложений, таких как, например, моделирование прохода режущего инструмента по заготовке, проектирование и изготовление сложных 3D трубопроводов, электрических кабелей и жгутов с их пространственной трассировкой, изделий из листового металла и литьевых форм. Форматы

выпускаемых чертежей и спецификаций могут настраиваться на полное соответствие ЕСКД (вместе с кириллическими надписями).

Достаточно высок уровень технологических модулей в системе и удобен пользовательский интерфейс. Сильной стороной системы является наличие версий практически для всех вариантов технических средств от IBM PC до HP9000 System 700. К слабым сторонам системы можно отнести недостаточный уровень управления данными и приложений в различных проблемных областях.

Система **UNIGRAPHICS 10** - распространяется компанией EDS, принадлежащей General Motors. Этой же компании фирмой McDonnell Douglas были проданы права на эту систему и коллектив разработчиков. На март 1992 г. в фирме работало 21000 сотрудников (непосредственно системами CAD/CAE/CAM занималось - 980). Финансовое положение фирмы достаточно стабильное. UNIGRAPHICS 9 (предыдущая версия) - широко известная система, используемая в автомобильной и авиационной промышленности. Система содержит обширный набор различных модулей, традиционно сильна в технологических приложениях. К слабым сторонам системы можно отнести недостаточный уровень управления данными и механическими сборками, отсутствие модуля Piping. Рейтинг системы достаточно высок, в СНГ она приобретена несколькими машиностроительными заводами.

В дальнейшем рассмотрим более подробно программные продукты компаний Cimatron и Autodesk. [Заметим особо, что системы этих фирм занимают свою нишу на рынке и не являются жесткими конкурентами: AutoCAD прочно утвердился в учебном процессе и на производстве главным образом в качестве стандарта двумерного компьютерного черчения (но последние продукты компании явно претендуют на большее; мы их рассмотрим ниже), а Cimatron изначально известен, по крайней мере на российском рынке, как полнообъемная система CAD/CAM, т.е. интегрирующая проектирование изделия и его производство.]

9. Анализ CAD/CAM Cimatron

9.1 Введение

Ниже дается развернутая характеристика системы Cimatron, составленная на основе данных независимой компании Daratech, Inc. и рекламных материалов самой фирмы.

Cimatron – интегрированная CAD/CAM-система, предоставляющая полный набор средств для конструирования, инженерного анализа, черчения и разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Cimatron широко применяется такими западными фирмами как Моторолла, Фольксваген, Джeneral Моторс, АГФА, ЭПСОН и др. В настоящее время в России и других странах СНГ Cimatron эффективно используется в авиационной и автомобильной промышленности, в машиностроении, в литейных и штамповочных производствах, для создания механического окружения электроники и товаров народного потребления. Удобство и быстрое освоение системы конструкторами и технологами, документация на русском языке, простота в работе, дружественный интерфейс, интеллектуальная обработка ошибок, гибкость и единая база данных – вот некоторые из наиболее важных свойств системы.

Поверхностное и каркасное моделирование имеет полный набор геометрических элементов: от точек, линий и окружностей до сложных кривых и поверхностей Bezier, Grogot и NURBS. Удобные инструменты создания, редактирования и анализа поверхностей позволяют легко строить и модифицировать сложные скульптурные поверхности. Система предоставляет пользователю мощные и гибкие функции построения галтельных сопряжений, обрезки поверхностей и многое другое (см. пример на рис.13).

Твердотельное проектирование. Аппарат параметрического твердотельного моделирования системы Cimatron позволяет автоматизировать работу конструктора уже на этапе эскизного концептуального проектирования.

Эффективная и наглядная система сигнальных линий для задания условий параллельности, касательных, нормалей и т. п. делает проектирование намного более удобным. Возможности оперировать алгоритмом построения, добавлять и перемещать элементы в протоколе моделирования позволяет осуществлять полный контроль над процессом проектирования, а возможности задания алгебраических взаимосвязей между размерами – создавать параметрически

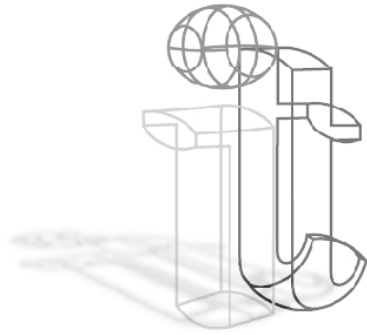


Рис.13. Каркасная модель

При создании сборок проектирование может выполняться как “сверху-вниз”, так и “снизу-вверх”. При работе с твердотельными сборками возможно задание параметрических соотношений между объектами, входящими в сборку, редактирование деталей в режиме сборки, проверка на взаимное пересечение объектов и многое другое.

Подсистема черчения разработана так, чтобы обеспечить как можно более интуитивную работу, минимизируя количество повторений одних и тех же операций, и ускорить каждый этап чертежного процесса. Все чертежные данные хранятся в базе данных, единой для всех подсистем Cimatron, структура которой обеспечивает полную интеграцию всех подсистем и быстрый доступ к данным. Все размеры, допуски, надписи и штриховки полностью ассоциативны с геометрией изделия. Cimatron обеспечивает получение видов трехмерной модели под любым желаемым углом проецирования.

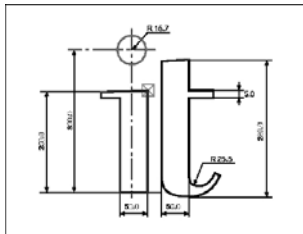


Рис.15. Чертеж

Изменения в модели автоматически отражаются на видах. Интерфейс системы обеспечивает простое и удобное построение и перемещение видов в пределах чертежа. Штриховка полностью ассоциативна с моделью, поэтому при корректировке контуров происходит ее автоматическое редактирование.

Такие возможности твердотельного проектирования, как автоматическая генерация сечений моделей, ассоциативность размеров позволяют увеличить скорость процесса подготовки чертежей в несколько раз. Система обеспечивает автоматическое формирование спецификаций сборочных единиц в полном соответствии с требованиями ЕСКД, а также передачу данных в системы управления производством.

Интеграция подсистем обработки и моделирования гарантирует изготовление детали точно в соответствии с требованиями. На основе спроектированной модели подсистема NC создаст управляющую программу для любого вида механической обработки: 2.5-5 координатного фрезерования, сверления, листоштамповки, токарной и электроэрозионной обработок. Разработка NC-программ оптимизирована как с точки зрения создания траектории движения инструмента, так и с точки зрения работы с данными проектирования. Любые изменения модели немедленно отображаются на траектории движения инструмента.

При фрезеровании сложных поверхностей подсистема программирования оборудования с ЧПУ позволяет автоматически выполнять контроль на зарезание, рассчитывать зоны, не обработанные заданным инструментом, вычислять траекторию движения для другого инструмента, выполняющего подбор.

Имитация обработки (рис.16) позволяет проверить и отладить управляющую программу до выхода на станок.

Возможно написание на C и Fortran собственных функций обработки, которые могут быть использованы как стандартные функции системы.

Генератор постпроцессоров позволяет быстро создать постпроцессор для фрезерного, токарного, сверлильного, электроэрозионного и штамповочного оборудования.

алгебраических взаимосвязей между размерами – создавать параметрически целостные модели любой сложности.

Особенно важно, что система позволяет конструктору вести эскизное проектирование, не проставляя все размеры сразу, а лишь заботясь о топологии детали, в результате значительно сокращаются сроки концептуальной проработки проекта. В любой момент можно проставить размеры объекта и полностью изменить схему их постановки.



Рис.14. Твердотельная модель



Рис.16. Обработка

9.2 Общие характеристики системы

Использование на различных технических платформах: персональных компьютерах 486/Pentium и рабочих станциях HP/Apollo, Silicon Graphics, Sun и IBM.

Единая база данных для хранения геометрической, технологической и текстовой информации.

Простота в освоении и надежность в работе.

Открытый интерфейс для языков C и FORTRAN.

Реалистичное цветотеневое изображение модели.

Многооконный режим работы.

Неограниченное количество систем координат.

Более 50 слоев видимости.

Возможности получения и изменения любой информации о геометрических объектах.

Расчет объема, массы, центра масс, моментов инерции модели.

Создание макроопределений, макроязык.

Параметризация.

9.3 Программные продукты

Cimatron – это семейство из пяти базовых конфигураций, которые могут быть дополнены в соответствии с требованиями пользователей. Каждая базовая система может быть модернизирована (дополнена) до следующей. Единая унифицированная база данных для всех приложений гарантирует полную совместимость и согласованность. Все эти системы являются мощными, легкими в использовании, полностью интегрированными инструментами для всех стадий подготовки производства.

9.3.1 Базовые конфигурации Cimatron

CIM-D — базовая система, включающая двухмерное проектирование и черчение.

CIM-MD — базовая система, включающая трехмерное моделирование и черчение.

CIM-MN — базовая система, включающая трехмерное моделирование и связь с системой проектирования управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

CIM-MND — базовая система, включающая трехмерное моделирование, черчение и связь с системой проектирования управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

9.3.2 Модули проектирования

SOLIDS — модуль твердотельного параметрического моделирования, интегрируется со всеми



CAD/CAM/CAE

АО "Би Питрон" – совместное российско-ирландское предприятие. Основные сферы деятельности – разработка и внедрение новых высоких технологий в различных областях науки и техники:

- Автоматизация технической подготовки производства промышленных предприятий.
- Комплексная автоматизация проектно-конструкторских и технологических подразделений промышленных предприятий и конструкторских бюро.
- Автоматизация работ руководителей: планирование работ, диспетчирование, документооборот, ведение архивов документации.
- Автоматизация проектно-конструкторских и технологических работ: проектирование моделей изделий, отработка дизайна изделий, инженерные расчеты, подготовка чертежей, текстовых документов, проектирование технологических процессов изготовления изделий, формирование технологических документов, проектирование технологической оснастки, подготовка управляющих программ обработки изделий на оборудовании с ЧПУ.



Комплексные проекты основаны на использовании CAD/CAM/CAE-систем от компании Cimatron Ltd. (Израиль) и других мировых лидеров в этих областях

приложениями Cimatron. Возможен на персональных компьютерах Intel/MS-DOS, Windows NT и рабочих станциях UNIX.

SURFM — модуль расширенного поверхностного моделирования с широкими возможностями по моделированию сложных поверхностей.

PAR-SHAPE — модуль двухмерной параметризации.

BEND — расчет развертки коробчатых поверхностей из листового металла.

WR2SURF — модуль преобразования каркасных моделей в поверхностные.

9.3.3 Модули системы подготовки программ для станков с ЧПУ

2X-MILL — модуль 2.5-координатного фрезерования.

3X-MILL — модуль 3-координатного фрезерования карманов, профильного фрезерования, позиционной обработки и сверления. Также реализованы различные способы фрезерования поверхностей.

4X-POS — модуль 4-координатного позиционного фрезерования.

4X-CONT — модуль 4-координатного контурного фрезерования.

5X-CONT — модуль 5-координатного контурного фрезерования.

LATHE — модуль токарной обработки. Автоматическое формирование траектории движения инструмента для черновой и чистовой обработки, включая нарезание резьбы, обработку канавок и т.д.

PUNCH — модуль вырубki. Обеспечивает 2-координатную вырубку с автоматическим построением траекторий для вырубki и предварительной обрезки твердотельного параметрического моделирования включают: подсистему динамического эскизного проектирования, гибридное моделирование, систему вспомогательных линий, сборочные операции, черчение, функции редактирования. Одна из основных характеристик - возможность создания элементов, остающихся постоянными даже при изменении модели.

CimaRender — пакет создания фотореалистических изображений, работает непосредственно с данными Cimatron, обеспечивает полный контроль

Генерирует траекторию движения инструмента для фрезерования

2X-WIRE — модуль электроэрозионной обработки по 2-м координатам.

4X-WIRE — модуль электроэрозионной обработки по 4-м координатам.

CIMULATOR — моделирование обработки на оборудовании с ЧПУ.

GPP — генератор постпроцессоров. Позволяет разработать постпроцессор для любого оборудования с ЧПУ.

9.3.4 Модули подсистемы конечноэлементного анализа (FEM)

FEM — Модуль генерации сеток конечных элементов различных типов для различных видов расчетов. Интерфейсы с программами ANSYS и NASTRAN и др.

9.3.5 Утилиты

CIMADEK — инструментальные средства создания пользовательских программ для Cimatron. Включает библиотеку подпрограмм.

MACRO — модуль создания и использования макропроцедур.

EDMS-LINK — прямой интерфейс с системами управления документами (EDMS). Используется для интеграции с АСУП для контроля за процессом проектирования.

9.3.6 Интерфейсы по данным

IGES — интерфейс для обмена данными, представленными в формате IGES.

VDA — интерфейс для обмена данными, представленными в формате VDA.

DXF — интерфейс для обмена данными, представленными в формате DXF.

SLA — вывод данных в формат SLA.

RD-PTC — интерфейс для обмена данными, представленными в формате CAD/CAM Pro/Engineer.

9.3.7 Cimagrafi

Cimagrafi — специализированная CAD/CAM-система для маркировки, гравирования и резки. Она включает в себя четыре интегрированных модуля, которые обеспечивают полное решение начиная с редактирования текста, трассировки и проектирования элементов, и заканчивая окончательной обработкой. Система предоставляет эффективный инструмент, отвечающий требованиям сегодняшнего рынка и в то же время обеспечивающий легкость в использовании как для новых, так и для опытных пользователей. Каждая из базовых систем Cimagrafi включает четыре модуля: Draft, Text, Trace, Engrave.

Базовые пакеты Cimagrafi BASIC 2D — вывод данных в формат принтеров и плоттеров, оборудования с лазерной резкой. Пользовательские задачи: маркировка, создание знаков и виниловая резка.

ADVANCED 2D — обеспечивает все возможности BASIC 2D плюс обработку острых углов, редактор шрифтов, и модуль работы с дигитайзером. Пользовательские задачи: маркировка, создание знаков, виниловая резка, проектирование и изготовление шкал и панелей.

BASIC 3D — обеспечивает все возможности BASIC 2D плюс 2.5-5-координатное фрезерование и сверление с использованием различного инструмента: конического, цилиндрического, сферического, а также использование револьверных головок и магазинов.

ADVANCED 3D — обеспечивает все возможности ADVANCED 2D и BASIC 3D. Пользовательские задачи: проектирование и обработка пресс-форм.

10. AutoCAD и другие продукты Autodesk

Система автоматизированного проектирования AutoCAD (по-русски Автокад) предоставляет пользователю уникальные возможности создания и редактирования с высокой точностью и высоким качеством исполнения конструкторских чертежей. Более миллиона профессионалов в области автоматизированного проектирования используют Автокад в своей повседневной работе. Это означает, что данная система поддерживается своеобразной виртуальной корпорацией, в которую входят индивидуальные пользователи, специалисты различного профиля, промышленные организации, независимые разработчики прикладных систем и программных средств. Именно это помогло компании Autodesk, Inc. стать лидером на мировом рынке систем программного обеспечения автоматизации проектирования.

Автокад – это по сути САПР компьютерной графики, широко используемая на заводах Ярославля главным образом для интерактивного и программного создания чертежей и схем. Студенты ЯГТУ знакомятся с этой системой в курсе начертательной геометрии и графики, а затем используют ее на кафедре технологии машиностроения для решения прикладных задач проектирования технологической оснастки и операционных эскизов, а также для разработки приложений по САПР в ходе дипломного проектирования (за создание прикладной системы такого рода на языке AutoLISP студент кафедры Канаева С.В. в 1995 г. получил диплом Госкомитета РФ по высшему образованию). На заводах работают с 10 - 13 версиями этой системы, в ЯГТУ – с устаревшей 10-й вследствие ограниченных возможностей устаревших компьютеров на базе 286 процессора. Автокад и в дальнейшем будет оставаться, по нашему мнению, базовой системой для оформления конструкторской и технологической документации, не имеющей модулей САМ. Наличие интерфейса (например, формат DXF) обеспечивает связь результатов Автокад с другими CAD/CAM, в том числе – Cimatron.

Автокад 13-й версии – это возможность разработки проектно-ориентированных прикладных систем, более тесная интеграция со средой Microsoft Windows и реализация новых базовых технологий. Все это делает версию 13 универсальным и надежным инструментом компьютерного проектирования.

AutoCAD R12 – *де-факто* промышленный стандарт в области проектных и конструкторских работ в машиностроении, архитектуре и строительстве. Открытая архитектура, широкие функциональные возможности, быстрое действие, интерфейс с языками программирования высокого уровня, доступ к различным БД, наличие тысяч зарубежных и отечественных приложений, ориентированных на самые разнообразные предметные области и поддерживающих различные национальные стандарты – вот далеко не полный перечень преимуществ AutoCAD. На базе AutoCAD и других

программных продуктов компании Autodesk можно создать удобную интегрированную информационную среду для организации работы различных групп пользователей с единым дружественным интерфейсом, единым форматом обмена данными. Это позволяет решать локальные задачи в рамках единого проекта с автоматизацией ведения документации и всего проекта в целом.

AutoCAD R13 - это возможность разработки проектно-ориентированных прикладных систем, более тесная интеграция со средой Microsoft Windows и реализация новых базовых технологий. По своим функциональным возможностям, быстродействию и эффективности AutoCAD R13 превосходит предыдущую версию. Поскольку система AutoCAD R13 является мультиплатформной, ее версии для Windows, Windows NT, DOS можно установить на одном рабочем месте. В этом случае перемещение с платформы на платформу будет предельно простым и оправданным с точки зрения затрат. Все это делает версию 13 универсальным и надежным инструментом компьютерного проектирования.

Autodesk Mechanical Desktop - интегрированный пакет для сквозного проектирования, включающий в себя последние версии AutoCAD, AutoCAD Designer, AutoSurf и IGES Translator. AMD имеет все необходимые средства для организации коллективной работы конструкторских и проектных подразделений.

AutoCAD Designer - средство для объемного параметрического твердотельного моделирования на основе конструкторско-технологических элементов и создания пространственных сборок в среде AutoCAD, позволяющее обеспечить жесткую связь между создаваемой моделью и чертежом и, как следствие, получение в требуемом формате любых видов, разрезов, сечений. Особенно эффективно при проектировании и конструировании машиностроительных деталей и изделий.

AutoSurf - приложение к AutoCAD, предназначенное для построения и редактирования формообразующих кривых и сложных поверхностей, построения новых объектов на их основе, создания каркасных моделей и проектирования различных контуров на плоскость или поверхность. AutoSurf широко используется в автомобильной и аэрокосмической промышленности благодаря встроенной технологии B-сплайнового моделирования, использующей NURBS-математику.

AutoCAD LT - мощный пакет для двумерного проектирования. Позволяет осуществлять обмен рисунками с AutoCAD.

AutoVision - средство для получения фотореалистических изображений в среде AutoCAD на стадиях дизайна, конструирования и изготовления изделий, минуя этап создания макета.

Ниже приводится стоимость одной копии в долл. США (для учебных целей, не включая налоги).

AutoCAD R13 CD-ROM	1050
AutoCAD R12 + AME 2.1	910
AutoCAD R13 CD-ROM	900
AutoCAD R12 AME 2.1	1120
AutoCAD MAP R1	1125
AutoSurf 2.0/2.1(3.0/3.1)	560
AutoCAD Designer 1.1/1.2/(2.0/2.1)	560
IGES Translator R13	-
Autodesk Mechanical Desktop R1.1	1300
- AutoCAD R13 c4	
- AutoCAD Designer 2.	
- AutoSurf 3.	
AutoCAD LT R2/R3	200
Autodesk WorkCenter (iâ 5 iãñð).....	1100

11. Дополнительные САПР по технологии машиностроения

Как было отмечено выше, технологическая подготовка современного производства не ограничивается только возможностями современных CAD/CAM-систем. Для решения ряда задач требуются компьютерные системы, как автономные, так и связанные с CAD/CAM-системами через стандартные интерфейсы. Ниже приводится список программных средств, которые могут потре-

боваться для обучения специалистов определенного профиля по заявкам различных подразделений машиностроительных предприятий (например, заготовительное производство: штамповка, литье и т.д.). Стоимость указана в долл. США.

Высокотехнологичное программное обеспечение FLOW SCIENCE Inc. (USA)

Flow - 3D (rus) ДН τεαòóîðíà. Íàέåò ðèέέεαáíúð ðíáððàíí íáúááí íáçíá-áíεý äεý äèäðíáεíáíè-áñéíáí è òáíεíáíáí ííááεèðíááíεý, á òíí -εñéå ðíóáññá çáñíεíáíεý ðáñíεááíí εèðáéíé õíðíú.....	11 400
Flow - 3D Workstation τεαòóîðíà. Íàέåò ðèέέεαáíúð ðíáððàíí íáúááí íáçíá-áíεý äεý äèäðíáεíáíè-áñéíáí è òáíεíáíáí ííááεèðíááíεý, á òíí -εñéå ðíóáññá çáñíεíáíεý ðáñíεááíí εèðáéíé õíðíú.....	18 000

Ίðíáððàííá íááñíá-áíεá SURFWARE (USA)

SURFCAM Design PLUS. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ.....	3 000
SURFCAM Lathe. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (òéáðíúá ðòáíεè).....	3 000
SURFCAM 2 Axis. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (ááóðéñíðá. çòáíεè).....	3 000
SURFCAM 2 Axis PLUS. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (ááóðéñíðáεíáðíúá ðòáíεè).....	4 800
SURFCAM 3 Axis. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (òðáðéñíðáεíáðíúá ðòáíεè)	10 200
SURFCAM 3 Axis PLUS (rus). Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (òðáðéñíðáεíáðíúá ðòáíεè).....	15 000
SURFCAM 4 Axis. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (+áóðúðáðéñíðáεíáðíúá ðòáíεè)	17 400
SURFCAM 5 Axis. Νίçááíεá òíðááεýðúèð ðíáððàíí äεý ðòáíεíá ñ ×ÍÓ (íýðèéñíðáεíáðíúá ðòáíεè)	21 000

Νíáðèáèçεèðíááíúá áεááí äðáéááðá äεý AutoCad: VIBRANT GRAPHICS (USA)

3D Companion. Άðáúáíεá òííέðíááíúð íáúáéòíá á ðáæèá ðááεúííáí áðáíáíε.....	270
--	-----

Ί/Í äεý ááéòíðεçáðèè -áððáæáé: GTX (USA)

GTX Raster Trace 2.71 ACAD R13 (DOS/Windows).....	521
GTX Raster CAD 2.52ACAD R13 R12 (DOS)	990
GTX Raster CAD 3.0 ACAD R13 (Windows).....	2 633
GTX Raster CAD PLUS 1.02 ACAD R11/R12 (DOS)	2 482
GTX Raster CAD PLUS 3.0 ACAD R13 (Windows).....	5 141
GTX Raster CAD PLUS 3.0 with ICR PLUS-ACAD R13 (Windows).....	6 455
GTX ICR PLUS Read Plus R3.0/ACAD R13 (Windows).....	1 313

Ίáøéññððíεòáüüíúá ðèέñíááíεý äεý AutoCAD SOFTWARE (Germ.)

Genius Base R12(rus)/R13(engl). Νίçááíεá ðááí-εò è ñáíðí-íúð -áððáæáé	1 500
Genius Profile. Ίðíáéèðèðíááíεá ðáíúð éíñòððéèé	340
Genius 3D. Ίðíáéèðèðíááíεá òðáðíáðíúð íáúáéòíá	520
Genius Pool.....	725
Genius HVAC. Νίçáááð è ðáçáíðá-éáááð ðáçεè-íúá ááíáððè-áñééá ðíðíú òéíá òðóá	725
Genius TNT. Εçííáððè-áñéíá ðíáéèðèðíááíεá.....	1 050
Genius Mold. Ίðíáéèðèðíááíεá ñíáñðèè äεý εèóüý íεáñòíáññ	1 350
Genius Vario (rus). Ίáðáíáððè-áñéíá ðíáéèðèðíááíεá	1 840
Genius 2D Sheet. Άáóðíáðíáý ðáçááððèá éεñòíáúð εçááεèé	1 840
Genius 3D Sheet. Òðáðíáðíáý ðáçááððèá éεñòíáúð εçááεèé	3 070

RUSSIAN INDUSTRIAL Co. (Đíññëý)

Auto/Sheet. Đáçááððèá éíðíá-àóúð εçááεèé, ðáñéðíé éñòíáííé çááíðíáèé, ðáøéíáεúíúé íεáí

óèèààèè íà èèñòá, ñíñíñá.....	3 000
Òáðíñíñá. Íðíáèòèðíááíèá èòòáéíé òáðíñíñáèè (éíèèè, ĒĪĀ, ĒĀĪ)	500
Ēíñòðóèòíð. Íðíáèòèðíááíèá ñíñáñòèè æý èòòý ñá ààèáíèáí, èòòý á éíèèè, ĒĀĪ (íááíð áèáèèòáè æý íáííáí ñíñíñá èòòý)	1 000
Auto-ĀÑĒĀ. Íðíáèáíèá ÷áðòáæá ñí ĀÑĒĀ (íááíð íáðáíáððè÷áñèèð áèáèèòáè)	180
Íðíáèòèðíááíèá ÷áðòáæá íðèéíáéé á AutoCad: WATCOM Corp. (USA)	
WATCOM C/C++ v.10 CD. ßçúé íðíáðáíèðíááíèý	320
III «ĒÍÓÁÐĪĀŎ» (Āáéíðóññèý)	
CADMECH v 4.0. Íðíáèòèðíááíèá ááòáèáé è ñáíðí÷íúð ááéíèò.....	635
CADMECH v 3D. Íðíáèòèðíááíèá 3-ð íáðíúð ááòáèáé è ñáíðí÷íúð ááéíèò	780
CADMECH v 5.0 è 3D. Íðíáèòèðíááíèá 2-ð è 3-ð íáðíúð ááòáèáé è ñáíðí÷íúð ááéíèò.....	1 240
SEARTCH v 3.0. Āáááíèá áððèáá ÷áðòáæáé, ááááíèá íðíáèòíá	530
SEARTCH v 3.0 Net. Āáááíèá áððèáá ÷áðòáæáé, ááááíèá íðíáèòíá (ñáðáááý ááðñèý)	2 980
AVS v 4.0. Āáíáðáòíð òáèñòíáúð éíñòðóèòíðñèèð áíéóíáíóíá.....	595
ROTATION v 2.0. Íðíáèòèðíááíèá ááòáèáé òèíà òáè áðáúáíèý	310
GEAR v 1.0. Ðáñ÷áò è íðíáèòèðíááíèá çóá÷áòúð íáðááá÷ æý AutoCad r.12	185
SHOW v 2.0. Áúñòðúé íðíñííòð ÷áðòáæáé	215
Spring. Ðáñ÷áò íðóæéí ñæáòèý è ðáñòýæáíèý	145
TechCARD 2.0. TECHCAD 2.0 + CADMESH 5.12 + SEARCH-T 3.10.....	1 800
Electric. Ýéáèòðèèá	500

12. Приложение 1. Предложение фирмы Би Питрон¹⁰ по организации центра CAD/CAM на основе Симатрон

(копия)

Уважаемый Юрий Александрович,

Из выступления на семинаре “Опыт применения CAD/CAM Cimatron в учебной и научной работе технических университетов” доцента Калачева О.Н. фирма “Би Питрон” ознакомилась с уровнем технического и программно-методического обеспечения кафедры “Технология машиностроения” ЯГТУ.

Будучи заинтересованными в продвижении системы CAD/CAM Cimatron в Ярославском регионе, мы предлагаем Вам создать на базе Вашего университета и кафедры “Технологии машиностроения” учебно-методический центр CAD/CAM Cimatron с целью подготовки студентов и переподготовки заводских специалистов. Предполагается создание компьютерного класса на 8 рабочих мест.

Предлагаем льготные условия оплаты: 10% общей суммы контракта в течение 1 месяца с момента заключения контракта, с отсрочкой оплаты на год под 3% годовых. Конкретные варианты оговаривались с Вашим представителем и могут быть уточнены в ходе дальнейших переговоров.

С уважением,



Л.И. Зильбербург
Президент

Приложение: Проект контракта

¹⁰ Би Питрон (С.-Петербург) – эксклюзивный представитель в России компании Cimatron Ltd. (Israel).

13. Приложение 2 . Конфигурации аппаратных платформ, поддерживаемые системой Cimatron 7.01

PLAT-FORM	MODELS	OPERATING SYSTEM REVISION	WIN-DOW SYS-TEM	MIN. HARD DISK (MB)	MIN. RAM (MB)	GRAPHICS BOARD	GRAPHICS BOARDS' PRICES
HP-UX 9000 Series 700	712/715/725	HP-UX 9.01, 9.03, 9.05	X11R5 or VUE	520	32	CRX, CRX-24 CRX-24Z HCRX	
SUN Micro-systems	SPARC-station 2,10 SLC or ELC IPC and IPX SPARC classic	Solaris 2.3	Open Window 3	520	32	Turbo GX SX ZX Turbo ZX Creator, Creator 3D (for Ultra)	
Silicon Graphics	Indy Indigo Indigo 2	IRIX 5.2	4Dwm	520	32	Entry Graphics XS/24 XZ	
IBM	System/6000	AIX version 3.2 for RISC/6000	AIX Windows	520	32	IBM6091	
DEC Alpha NT	Alpha Station 200 4/100	NT	NT	520	32		
PC-DOS	Intel 486-66/100 Mhz Pentium -90/120/133 Mhz	MS-DOS 6.0 MS DOS 6.2	N/A	320	32 (16)	TIGA SuperVGA MATROX ELSA-Winner 1000/2000 ATI - Ultrapro/mach 32 ATI - mach 64 S3 - 928, 964, 968 S3 - 805, 864, 868 ELSA Winner 1000 Pro	\$2.000 \$800 - 2.500 \$400 \$380 \$380 \$300 \$300
PC-Windows NT		NT 3.51	Windows NT 3.51	520	32	All boards supported by NT/95 with resolution of at least 1024x768x256	
PC-Windows 95		Windows 95 Final Release	Windows 95 Final Release	320	32		