

УДК 681.31

О.Н.Калачев, канд. техн. наук, доц., ЯГТУ

Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron

Обсуждаются проблемы подготовки специалистов, способных эффективно использовать CAD/CAM-системы. Рассматривается структура и содержание учебных дисциплин, их взаимосвязь как отражение процессов прохождения проекта в производственных условиях. Приводятся иллюстрации основных этапов проектирования, выполняемого в CAD/CAM Cimatron.

В настоящее время машиностроение России находится в сложном положении. Часто под вопросом само существование даже крупнейших всемирно известных предприятий [1]. Тривиальное объяснение причины создавшейся ситуации известно: низкая эффективность производства и, как следствие, низкая конкурентоспособность отечественной продукции по сравнению с западной.

В чем причина успеха промышленности Запада? Анализ показывает, что основой высокой эффективности западных предприятий, создающих новые конкурентоспособные изделия с более сложным дизайном, с лучшими техническими характеристиками в более короткие сроки, является оснащение их современными информационными технологиями.

В этой связи представляет интерес рассмотреть содержание этих компьютерных технологий и концепцию подготовки специалистов для их эффективной эксплуатации.

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

- САПР конструирования изделий;
- САПР технологии их изготовления.

САПР конструирования изделий, которую на Западе называют CAD (Computer Aided Design), выполняет 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, если использовать западную терминологию, инжиниринга – CAE (Computer Aided Engineering).

САПР технологии изготовления, которую в России принято называть автоматизированной системой технологической подготовки производства (АСТПП), формирует технологические маршруты, выбирает оборудование, выполняет разработку технологических процессов, технологической оснастки [2]. Более узкой задачей САПР технологических процессов (САПР ТП), а на Западе – CAPP (Computer Automated Process Planning), является проектирование технологической документации (маршрутной, операционной), доводимой до рабочих мест и с разной степенью подробности регламентирующей будущий процесс изготовления детали [3].

Подготовленное описание технологических процессов вводится в систему САМ (Computer Aided Manufacturing). Заметим, что в зарубежной литературе, например, [4] встречается широкое трактование термина САМ, объединяющее частично или полностью функции АСТПП. При этом задачей САМ является организация функционирования, например, гибкой производственной системы на основе разработки кадров управляющей программы (УП) для оборудования с ЧПУ.

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

Кардинальное изменение процессов конструирования и изготовления изделий на машиностроительных предприятиях Запада состоит в объединении (интеграции) под управлением PPS компьютерных систем САD, САPP и САМ (рис.1). Производство, построенное по этому принципу, получило название "компьютерно-интегрированного производства" (от английской аббревиатуры СИМ - Computer Integrated Manufacturing). Программные системы, обслуживающие «сквозной», «безбумажный» процесс проектирования конструкции изделия и, с той или иной степенью подробности, технологии его изготовления принято называть САD/САМ-системами. При этом «САМ» указывает на наличие модулей NC, и следовательно, получение на «выходе» системы УП для различных методов обработки. Обозначение «САD/САМ/САЕ» подчеркивает развитые возможности инженерного анализа, например, на основе метода конечных элементов.

Наиболее яркой особенностью САD/САМ-систем является так называемое твердотельное создание (моделирование) изделия исключительно на экране компьютера, просмотр на экране (визуализация) процесса обработки деталей и передача сгенерированных УП по компьютерным сетям на оборудование с ЧПУ, а также получение

с помощью лазерных устройств готовых полимерных образов (стереолитография) будущих металлических деталей для изготовления литейных форм и штампов.

Традиционный чертеж и бумажная документация становятся побочным продуктом проектирования, сроки подготовки производства сокращаются, повышается качество и конкурентоспособность продукции.

Система САD/САМ 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 САD), а также о технологии изготовления (система координат станка, вид и параметры режущего инструмента, траекторию его

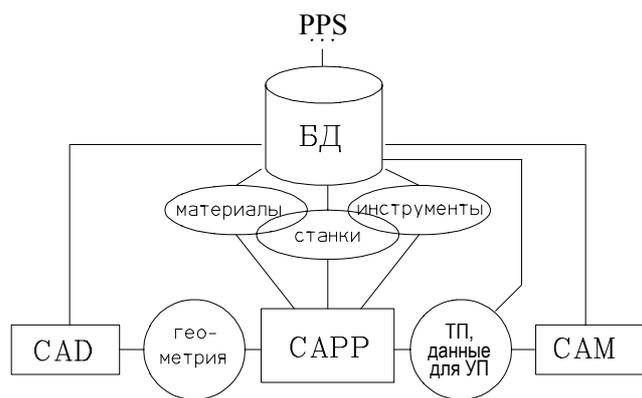


Рис.1. Информационная структура [3] СИМ

с помощью лазерных устройств готовых полимерных образов (стереолитография) будущих металлических деталей для изготовления литейных форм и штампов.

перемещения при обработке различных поверхностей, режимы резания и др.) .

Современное поколение систем CAD/CAM посредством системы управления конструкторско-технологической документацией (PDM – Product Data Management) обеспечивает наиболее высокий уровень реализации проекта – “параллельную инженерию” – одновременную работу исследователей, конструкторов и технологов различных подразделений через компьютерную сеть по проектированию и изготовлению изделия.

В настоящее время переход от отдельных замкнутых САПР и их частичного объединения к полной интеграции технической и организационной сфер производства является основной тенденцией развития западных предприятий (на рис.2 представлены основные задачи и организационно-технические объекты производства, реализующие CIM) .

Многие отечественные заводы только приступают к всестороннему освоению возможностей CAD/CAM-систем, сталкиваясь с финансовыми затруднениями и нехваткой специалистов. Отрицательным моментом, отмеченным в свое время на Западе [4], является необходимость ломки сложившихся традиций «ручного» проектирования и, следовательно, сопротивление со стороны административно-управленческого персонала под лозунгом: “можно найти лучшее применение имеющимся ограниченным ресурсам, чем тратить средства с туманными перспективами...” .

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 CAD/CAM в учебный процесс. Наличие таких систем в технических университетах стало *de facto* показателем современности учебного процесса.

Организация подготовки кадров, воспитанных на идеологии “первичности” математической модели изделия и способных в полной мере использовать возможности западных технологий CAD/CAM,

представляется важной и актуальной. Этой задаче отвечает открытая в 1997 г. на кафедре “Технология машиностроения” ЯГТУ новая специализация “Компьютерно-интегрированное машиностроение” .

При выборе CAD/CAM для учебного процесса оценивалось несколько альтернативных систем. Однако с учетом реалий финансирования высшей школы требовалась относительно недорогая, с хорошим рейтингом продаж система, поддерживающая платформу Intel. Последнее обстоя-

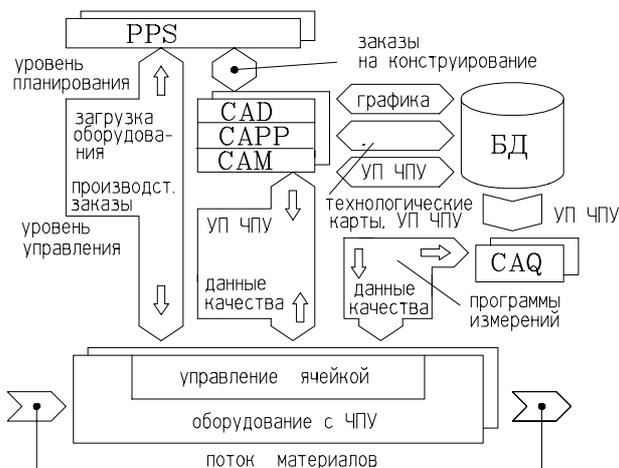


Рис.2. Функциональная структура CIM

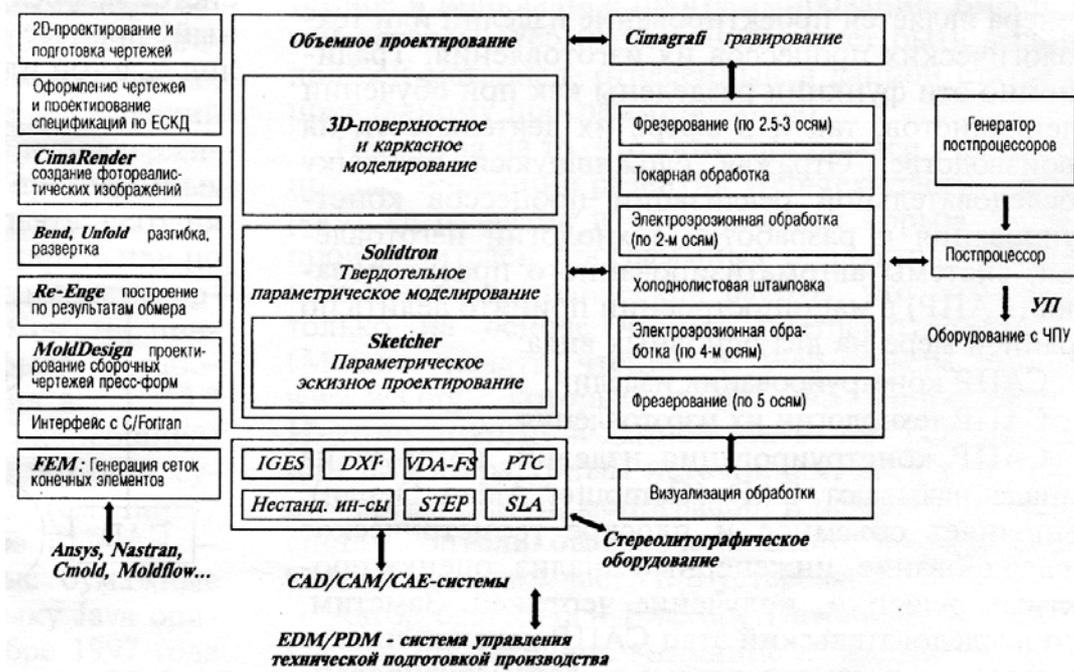


Рис.3. Набор модулей CAD/CAM Cimatron

тельство имело немаловажное значение из-за высокой стоимости современных рабочих станций и необходимости эксплуатации одновременно с CAD/CAM учебных и исследовательских программ [5] для платформы PC. Вот почему в качестве базовой для учебного процесса нами выбрана CAD/CAM Cimatron, распространяемая российской фирмой Би Питрон (Санкт-Петербург) в рамках программы «Высокие технологии – вузам России» [6].

Cimatron – интегрированная CAD/CAM-система, предоставляющая достаточно полный набор средств (рис.3) для конструирования, инженерного анализа, черчения и разработки управляющих программ для различных станков с ЧПУ. Cimatron широко применяется такими западными фирмами как Моторола, Фольксваген, Дженерал 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. Cimatron – это семейство из пяти базовых конфигураций, которые могут быть дополнены в соответствии с требованиями пользователей. Все эти системы являются полностью интегрированными инструментами для большинства стадий подготовки производ-

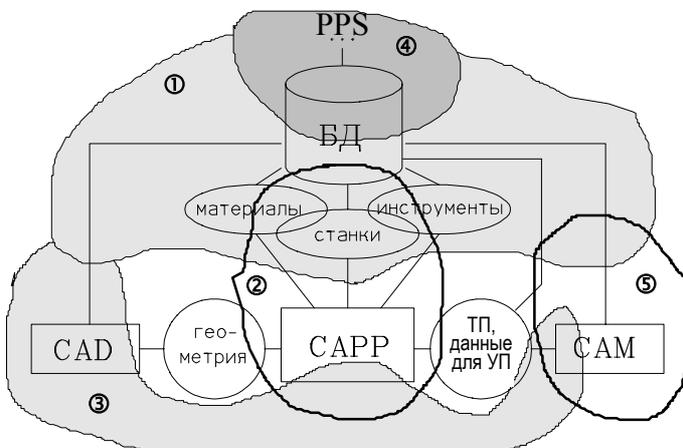


Рис.4. Соответствие учебных дисциплин информационной структуре CIM

ства и на различных аппаратных платформах: PC 486/Pentium и рабочих станциях HP/Apollo, Silicon Graphics, Sun и IBM.

При формировании набора дисциплин специализации «Компьютерно-интегрированное машиностроение» мы исходили из необходимости охвата основных задач производства, отраженных на рис.2. В учебном плане новой специализации в отличие от дисциплин существующих специализаций акцент делается на следующее:

- расширение подготовки по трехмерному геометрическому моделированию на базе CAD/CAM Cimatron;
- способах «ведения» и передачи технологической информации;
- системах автоматизированного программирования и управления оборудованием с ЧПУ и т.п.

Таким образом, специализация образуется пятью дисциплинами, показанными на рис.4 в виде пересекающихся множеств.

В курсе ① «Автоматизированные системы передачи и обработки информации» предполагается углубить те разделы САПР, которые связаны с использованием универсальных и специальных систем управления базами данных (СУБД) на различных уровнях технологической подготовки производства, ознакомиться с ведением проекта на базе Cimatron Product Data Manager, изучить организацию параллельного проектирования с использованием информационных сетей на основе Windows NT Server, в том числе – Intranet.

В курсе ② «Автоматизированные системы технологической под-

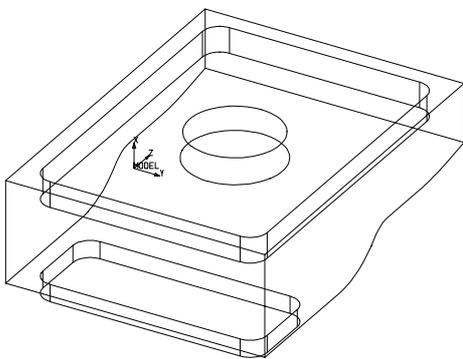


Рис.5. Модель детали

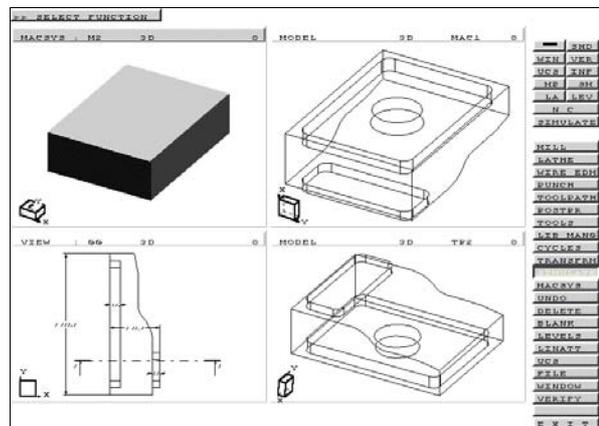


Рис.6. Чертеж детали, модель, заготовка

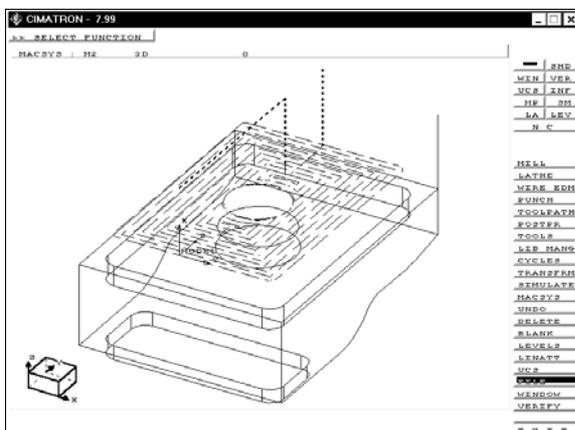


Рис.7. Траектория инструмента

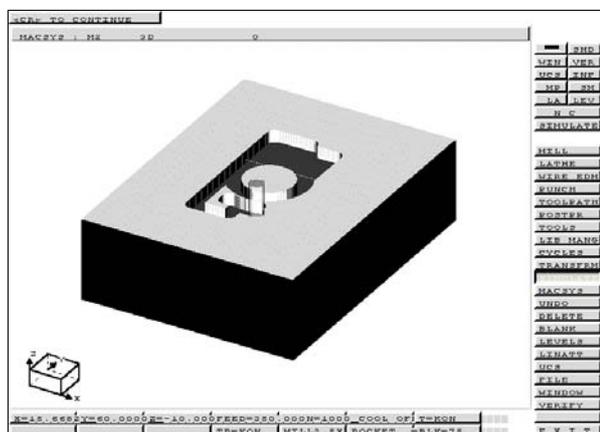


Рис.8. Визуализация обработки

готовки производства” рассматриваются методологические вопросы создания и эксплуатации САПР ТП, режущего инструмента и оснастки на уровне математического, лингвистического, программного и методического обеспечений. Содержание этой дисциплины не ограничивается системой Cimatron, а дает представление об альтернативных CAD/CAM и специфических средствах [5] проектирования технологической документации, которые отсутствуют в составе Cimatron.

Курс ③ “Компьютерно-графическое моделирование в машиностроении” является центральной дисциплиной специализации. В ней изучается создание в системе Cimatron трехмерных моделей деталей (рис.5), сборка изделий, получение чертежей (рис.6), создание зоны обработки и заготовки (рис.7), визуализация перемещения инструмента (рис.8), получение УП для оборудования с ЧПУ.

Курс ④ “Основы автоматизированного управления машиностроительным предприятием” посвящен вопросам компьютерного обеспечения управления машиностроительными структурами на основе календарного планирования.

Курс ⑤ “Наладка и диагностика компьютеризированных технологических систем” рассматривает нижний уровень иерархии CAD/CAM (см. рис.2) – сопряжение результатов проектирования с оборудованием: реализацию связи между проектировщиком и процессором системы ЧПУ механообрабатывающих систем, использование измерительных машин для контроля качества, настройку блочного режущего инструмента и др.

Границы дисциплин 1,2,3 применительно к CAD/CAM условны, поскольку, с одной стороны, специфика профессиональной деятельности инженера-технолога такова, что в ней переплетаются и вопросы конструирования, и вопросы технологической подготовки

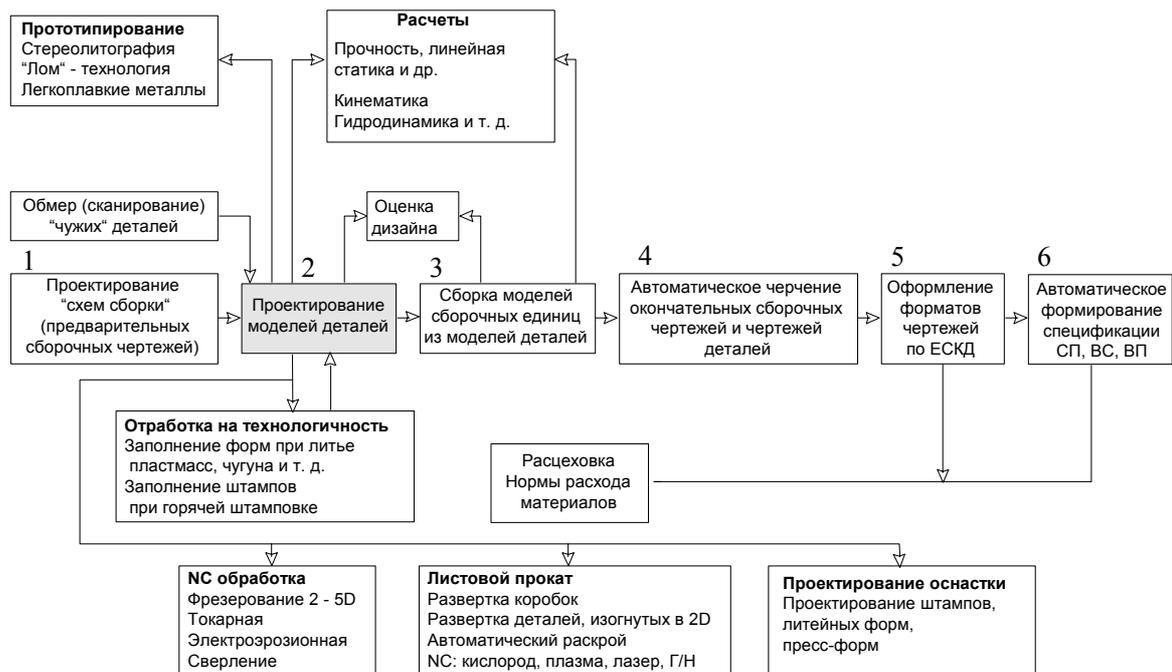


Рис.9. Прохождение проекта в CAD/CAM Cimatron

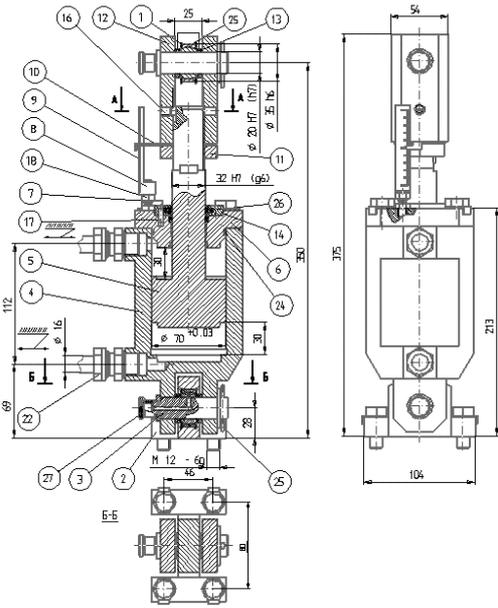


Рис.10. Эскизная компоновка

представляют содержание инженерного анализа, а блоки ниже – связанную с конструкторской – технологическую подготовку производства. Исходным для конструкторского проектирования узла является эскизная компоновка (рис.10), полученная, например,

производства (это особенно характерно для создания оснастки, узлов металлорежущих станков, режущего инструмента и т.п.). С другой стороны, CAD/CAM Cimatron в идеале устраняет сложившееся при ручном проектировании разделение труда конструктора и технолога, и «продвинутый» пользователь с помощью подобной системы способен (или в перспективе будет способен) выполнить все этапы проектирования.

Содержание подготовки такого «интегрированного» специалиста должно отражать производственную схему [7] полномасштабного применения CAD/CAM, показанную на рис.9. Здесь центральная линия решаемых задач-блоков 1-6 иллюстрирует конструкторскую проработку проекта. Блоки, расположенные выше этой линии,

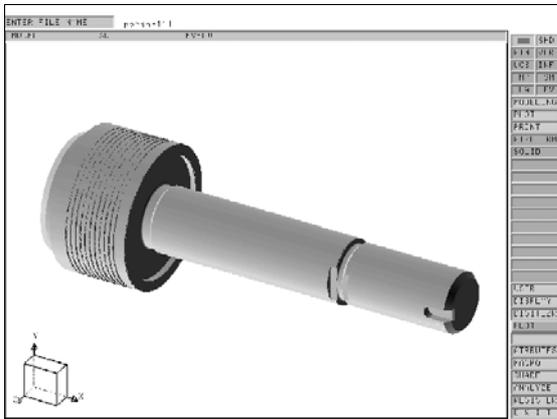


Рис.11. Модель детали 5

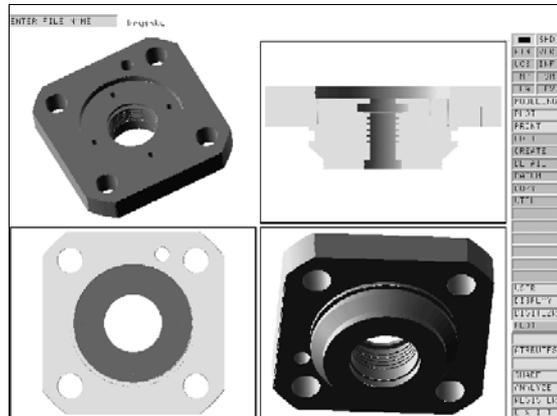


Рис.12. Модель детали 6

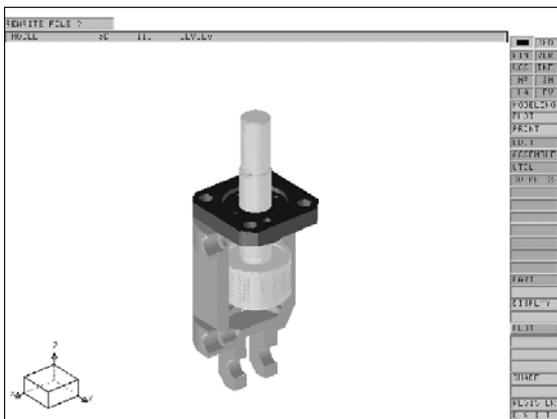


Рис.13. Проверка собираемости

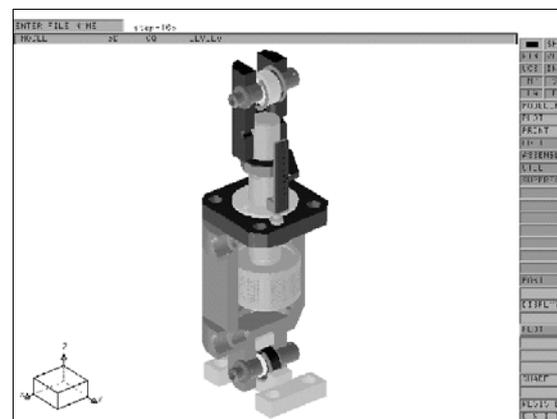


Рис.14. Окончательная сборка

традиционно на кульмане, либо в одной из легких 2D CAD типа AutoCAD. Этот чертеж передается по сети или на дискетах на станции проектировщиков (блок 2) для создания 3D геометрических моделей деталей (рис.11,12).

При работе в корпоративной сети проектировщики, имея доступ к моделям «соседей», могут проверять сопряжения объемных деталей (рис.13), выполнять прочностные расчеты и т.д. Проверенные модели передаются для сборки узла (рис.14). Между блоками 2,3 возможна обратная связь на основе анализа выполнения кинематических, прочностных и иных критериев. Блок 4 обеспечивает получение окончательного сборочного чертежа. В последующих блоках формируются необходимые проектные спецификации.

Таким образом, реализация рассмотренной схемы объединяет дисциплины программы обучения и завершает подготовку инженера по специализации «Компьютерно-интегрированное машиностроение».

Литература

1. **Жук Д.М.** CAD/CAM/CAE – системы высокого уровня для машиностроения// Информационные технологии, N0, 1995.- с.22-26.
2. **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.
3. **Ssemakula М.Е.** The role of process planning in the integration of CAD/CAM systems//Automated Manufacturing.- 1987.- p. 269-276.
4. **Энгельке У.Д.** Как интегрировать САПР и АСТПП: Управление и технология/Под ред. Д.А.Корягина.-М.:Машиностроение, 1990.-320 с.
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. **Яблочников Е.И.** Материалы IV научно-технического семинара «Перспективные CAD/CAM/CAE-технологии в высшей технической школе».- Казань, КГТУ, 1997.- с.4-11.
7. **Рухмаков А.И.** О методике выбора и освоения CAD-систем.- С.-Петербург, Bee Pitron Ltd., 1997.-4 с.

Статья опубликована в журнале "Информационные технологии".
Изд-во «Машиностроение». - М: 1998. - № 10. - С. 43-47, 49