

Для конструктора представляет интерес относительное повреждающее действие нагрузочных блоков (например, блоков, определяемых колебаниями подрессоренных или неподрессоренных масс, микро профилем дороги и т.д.):

$$\frac{L_c}{L_1} + \frac{L_c}{L_2} + \dots + \frac{L_c}{L_i} + \dots + \frac{L_c}{L_k} = 1.$$

В такой записи уравнение характеризует большее или меньшее участие блока в усталости.

Заключение. Важнейшими результатами от использования разработанной методики являются: адекватный учет условий эксплуатации, случайной нагруженности и изменения в эксплуатации характеристик сопротивления усталости конструкций при прогнозирующих расчетно-экспериментальных оценках их ресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий М.С., Почтенный Е.К., Горбачевич М.И. Суммирование усталостных повреждений при двухчастотном нагружении// Доклады АН Беларуси, 1992, т.36, №6, с.511-514.; 2. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Оценка нерегулярного нагружения деталей машин// Колебания и волны в экологии, технологических процессах и диагностике: Тез. Докл. Междунар. конф.: - Минск, 1993.- С.107.; 3. Высоцкий М.С., Почтенный Е.К., Парфенович Е.К. Сопротивление усталости элементов конструкций при двухчастотном нагружении// Вестник машиностроения, 1995, №1, с.3-6.; 4. Почтенный Е.К., Кадолко Л.И., Парфенович Е.О. Анализ случайного многочастотного нагружения элементов конструкций// Вести АН Беларуси, серия физ.-техн. наук, 1997, № 4, с. 26-30.; 5. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Анализ сопротивления усталости конструкций при случайном многочастотном и многорегимном нагружении// В сб. Материалы международной 54-й научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БГПА. - В 10 – ти частях. – Минск, –2000. – Ч. 6. – С. 14.; 6. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Схематизация случайного нагружения// В сб. Материалы международной 54-й научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов БГПА/ В 10 – ти частях. – Минск, –2000. – Ч. 6. – С. 107.; 7. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Приведение асимметричных циклов к эквивалентным по повреждающему воздействию симметричным или отнулевым// Весці НАН Беларусі: Серыя фізіка-тэхнічных навук.- 2000. - №2. - С. 59 – 61.; 8. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Суммирование усталостных повреждений при реальном многорегимном нагружении// Тез. докл. Международной научно-технической конференции “Оценка и обоснование продления ресурса элементов конструкций”// Отв. ред. В.Т. Трошенко: В 2 томах. – Киев, 2000. – Т. 1. – С. 195 –196.; 9. Капуста П.П. Теоретический анализ распределения Вейбулла применительно к оценке нагруженности деталей машин// В сб. Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП “Технопринт”, 2001. - С. 317-323.; 10. Капуста П.П. Уравнения нерегулярной нагруженности деталей машин// В сб. Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП “Технопринт”, 2001. - С. 323-327.; 11. Почтенный Е.К., Капуста П.П. Прогнозирование случайного нагружения и построение нагрузочных блоков// Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование, технология изготовления. Сборник научных трудов. Вып. 1. В 3-х т. - Т. 2/ Под общ. ред. П.А. Витязя. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. - С. 334 – 344.; 12. Капуста П.П. Вероятностная оценка характеристик сопротивления усталости

деталей на стадии проектирования машин. - Мн.: “Технопринт”, 2001. - 97 с.; 13. Почтенный Е.К. Анализ и синтез усталости элементов конструкций// Доклады НАН Беларуси, 2002, т. 46, №2, с.105-107.; 14. Почтенный Е.К. Кинетика усталости машиностроительных конструкций.- Мн., УП «Арти-Фекс», 2002, 186 с., ил.

УДК 656.072: 681.3

В.А. Кочуров, В.Д. Цветков

CALS-ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Существование предприятий в современных условиях невозможно без современных компьютерных технологий проектирования (CAD-технологии), инженерного анализа (CAE-технологии), подготовки производства (CAM-технологии), управления данными об изделии (PDM-технологии), планирования производственных ресурсов (ERP, MRP-технологии), а также программные инструментальные средства создания ИЭТП (интерактивных электронных технических руководств) для информационного сопровождения изделия после изготовления.

Все эти технологии составляют в совокупности инструментальную среду, так называемых CALS (Computer Acquisition and Life-cycle Support) технологий. Актуальность этой проблемы подтверждает приказ Министра промышленности Республики Беларусь № 416 от 16.10.03 г., в котором, в частности, говорится: “Считать внедрение принципов и технологий информационной поддержки жизненного цикла изделий (далее – CALS-технологий) стратегическим направлением совершенствования комплексного механизма управления процессами и взаимодействием всех участников при разработке, освоении, сбыте, сервисном обслуживании и утилизации наукоёмкой продукции посредством электронного обмена данными в соответствии с требованиями технических нормативных документов”.

Современные CAD/CAM технологии представлены широко известными программными системами автоматизированного проектирования: CATIA, Unigraphics, Pro/Engineer (“тяжёлые” CAD-системы), CoCreate OneSpace, SolidWorks, SolidEdge (средние) и AutoDesk Mechanical Desktop, Компас, T-FLEX CAD (лёгкие CAD-системы).

Рассматривая эти системы с точки зрения проблем инженерного образования, следует обратить внимание на то, что системы трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, применяемые большинством CAD систем, радикально изменяют технику выполнения процессов проектирования (рис. 1), а параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Также следует обратить внимание, что чертежи получают на основе предварительно созданных 3D моделей сборочных единиц. Работа с такими системами требует помимо знания предметной области также знаний и умений владеть инструментарием, в качестве которого выступает не кульман и карандаш с резинкой, а весьма сложные многофункциональные программные комплексы, основанные на самых современных информационных технологиях. Методики проектирования в среде CAD-технологий сегодня не достаточно отражены в учебных планах и программах по машиностроительному черчению и другим

общетехническим и специальным дисциплинам, относящихся к инженерному проектированию.

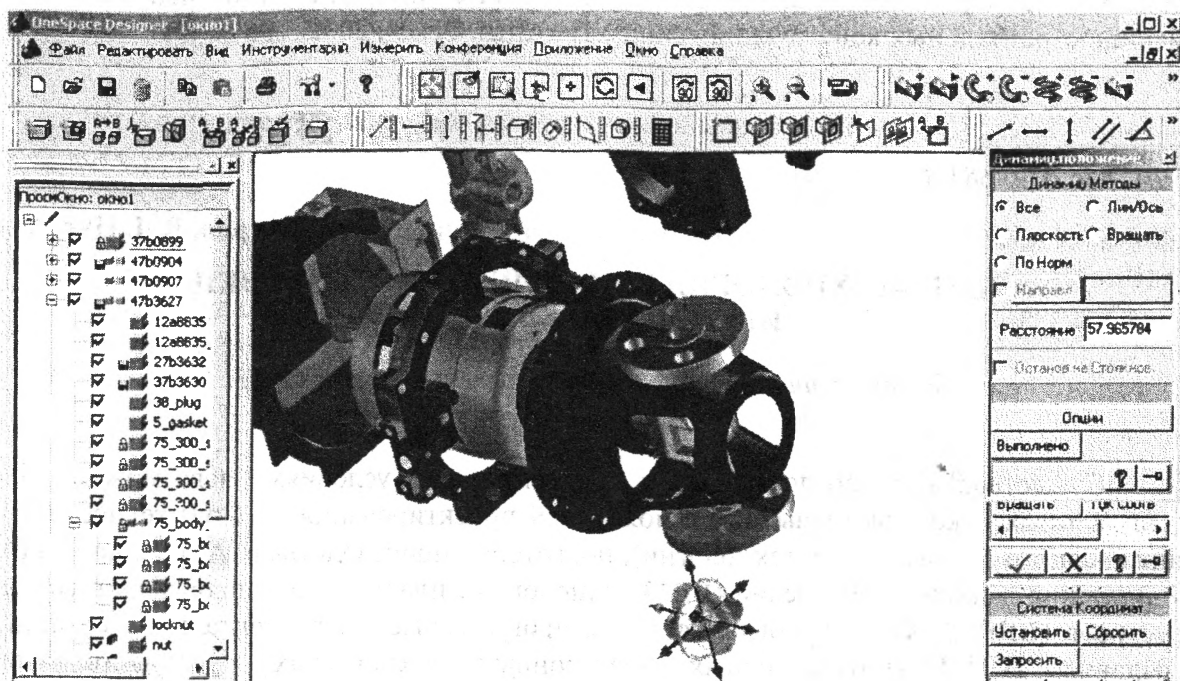


Рис. 1. Пример 3D моделирования в CAD CoCreate OneSpace Designer

Процессы технологического проектирования (САМ-системы) во многом опираются, с одной стороны, на системы геометрического моделирования и подготовки программ для станков с ЧПУ (рис. 2), а с другой стороны, технологическое проектирование может проводиться с использованием систем автоматизированного проектирования технологических процессов, например, в системе технологического проектирования КОМПАС-Автопроект. Этот программный продукт предназначен для решения широкого спектра задач технологической подготовки производства: автоматизированного проектирования технологических процессов, расчёта оптимального количества материалов для производства изделия, расчета режимов обработки для различных видов производств, расчёта оптимальных затрат труда, формирования необходимого комплекта технологических документов. Технологическая информация из программного комплекса передаётся в различные системы планирования и управления ресурсами MRP/ERP, а также в систему PDM (рис. 3).

Необходимо обратить внимание, что САМ-системы либо входят состав программных продуктов, представляющих CAD-технологии, либо должны быть тесно интегрированы с ними в части получения от них исходных данных (3D-моделей).

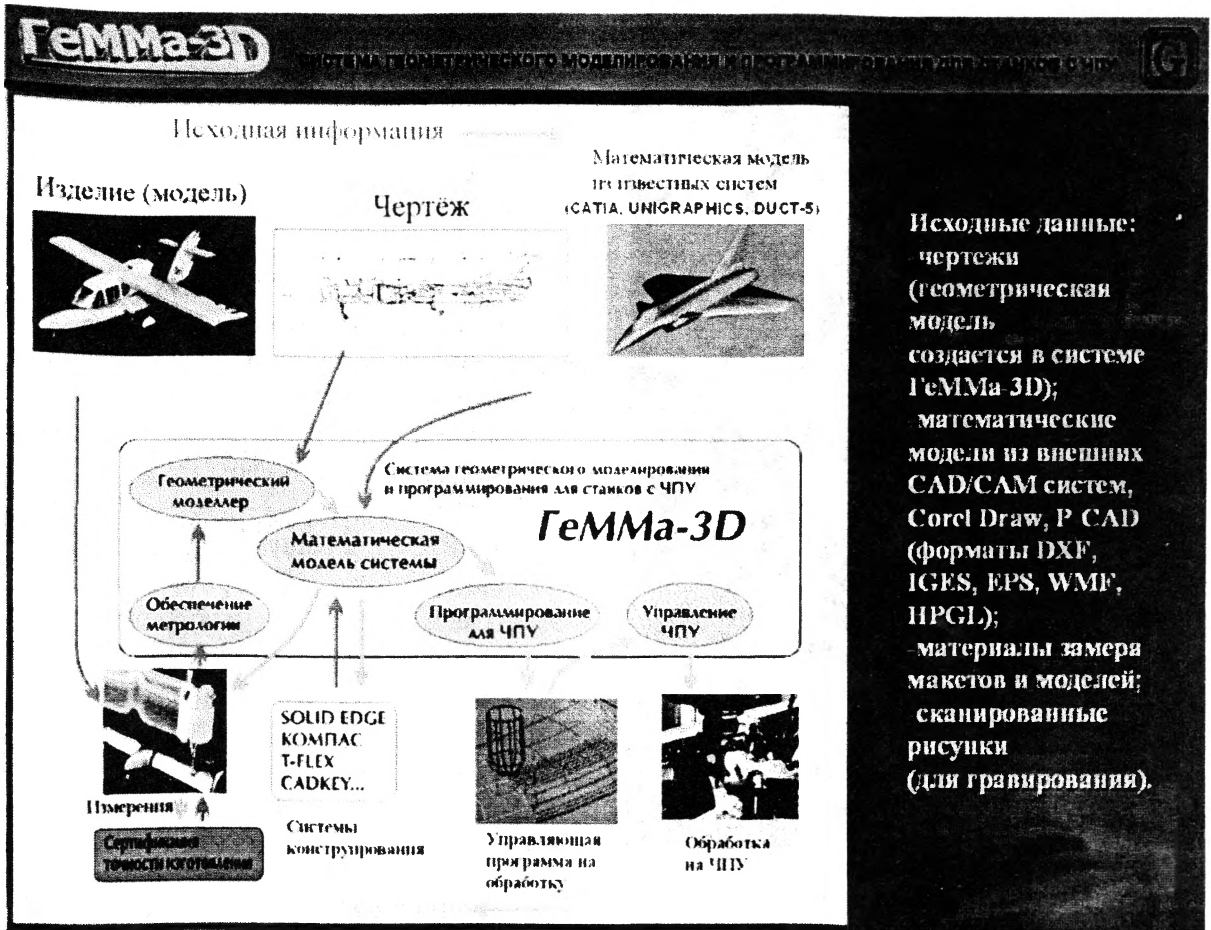


Рис. 2. Пример системы геометрического моделирования и программирования для станков с ЧПУ

Номер операции	Операция	Модель станка	Т.шт.
7	Фрезерно-отрезная	8Г661	
7х	Фрезерно-отрезная	8Г661	
п	Контрольная		
10	Перенесение	16K 30Ф3	34,46
п	Перенесение		
12	Перенесение		
п	Перенесение		
15	Токарная с ЧПУ	16K 30Ф3	2,68
20	Токарная с ЧПУ	16K 30Ф3	2,22
п	Перенесение		
25	Сверлильная с ЧПУ	10120МФ2	1,1

Рис. 3. Пример экранной формы в системе технологического проектирования КОМПАС-Автопроект

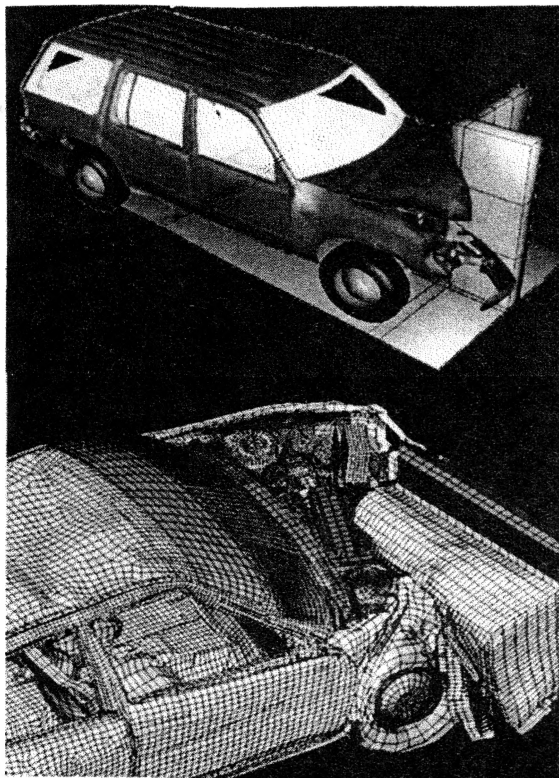


Рис. 4. Иллюстрация некоторых возможностей программного продукта LS-Dyna

Компьютерные технологии инженерного анализа (CAE-технологии) в первую очередь опираются на семейство программных систем для решения прикладных задач механики:

- ANSYS, MSC/NASTRAN - для решения пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций, задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, механики связанных полей;
- LS-DYNA, ABAQUS, MSC/MARC - для решения задач о сильннелинейных и быстропротекающих процессах в деформируемых средах;
- STAR-CD, FLUENT - для решения трехмерных задач механики жидкости и газа;
- ADAMS - для решения задач кинематического и динамического моделирования и анализа сложных механических систем.

Предоставляемая этими пакетами возможность проведения сложнейших расчётов непосредственно в процессе конструирования и возможность (рис. 4), например, визуальной оценки интенсивности напряжений в критических зонах, ещё в большей степени меняют технологию выполнения конструкторских работ, требуют от конструктора не только традиционных знаний, но и умения управлять такими пакетами и оперативно привлекать, при необходимости, специалистов консультантов. Однако высочайшие возможности, предоставляемые подобными системами, порождают серьёзные проблемы в подготовке студентов, как по причине отсутствия лицензионных программных продуктов такого плана, так и ввиду отсутствия подготовленных преподавателей.

Самая актуальная проблема управления всем объемом разнородных данных, которые порождаются, хранятся и используются в различных существующих на предприятии информационных системах, связанных с информационной поддержкой продукции в течение ее жизненного цикла решается посредством внедрения компьютерной интегрированной системы для управления данными о машиностроительном изделии (PDM - Product Data Management) (рис. 5).

Примерами PDM-систем могут служить: iMAN (Information Manager), CoCreate Work Manager, ЛОЦМАН и др.

Причём акцент в сегодняшних условиях делается именно на PDM-системы, что подтверждается фактами постепенной замены аббревиатуры CAD/CAE/CAM/PDM на PDM/ CAD/CAE/CAM.

Всё возрастающая сложность изделий и необходимость сокращения сроков подготовки производства для обеспечения конкурентоспособности изделий требуют жёсткого управления всем ходом работ технической подготовки производства. Для этой цели применяют программные продукты, называемые Work Flow (рабочий поток

или поток работ). Примером такого программного продукта может служить модуль Work Flow в составе OneSpace Manager от компании CoCreate (рис. 6)

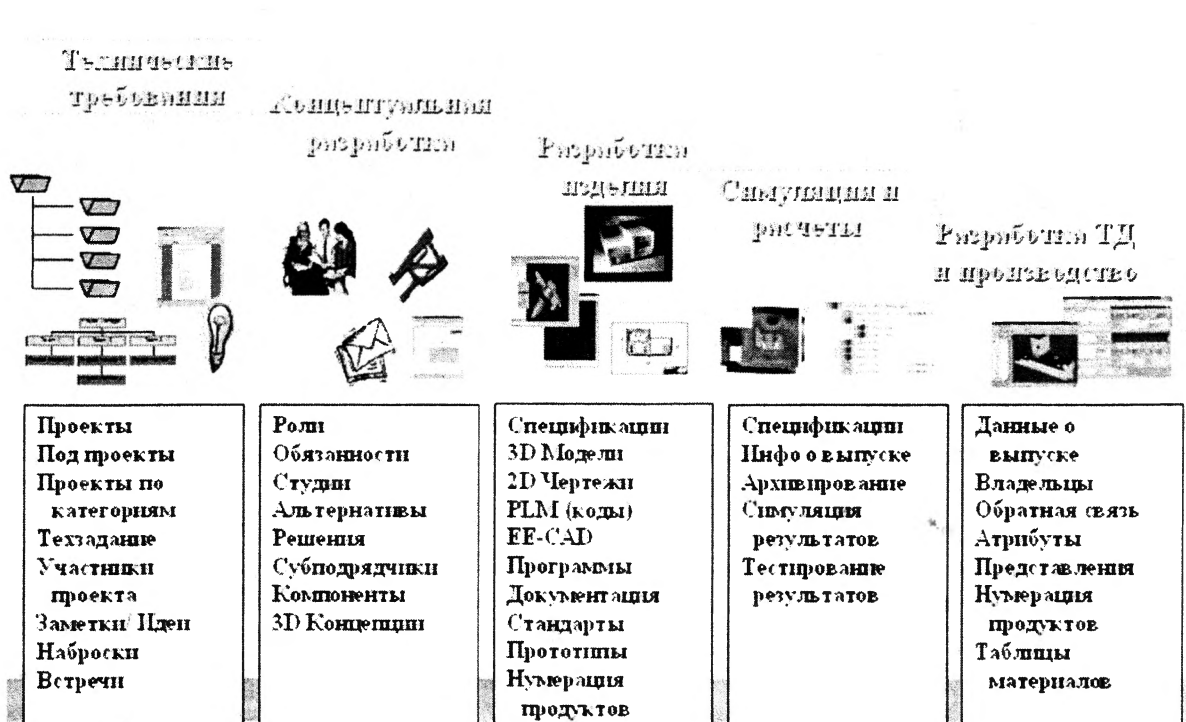


Рис. 5. Данные процесса проектирования

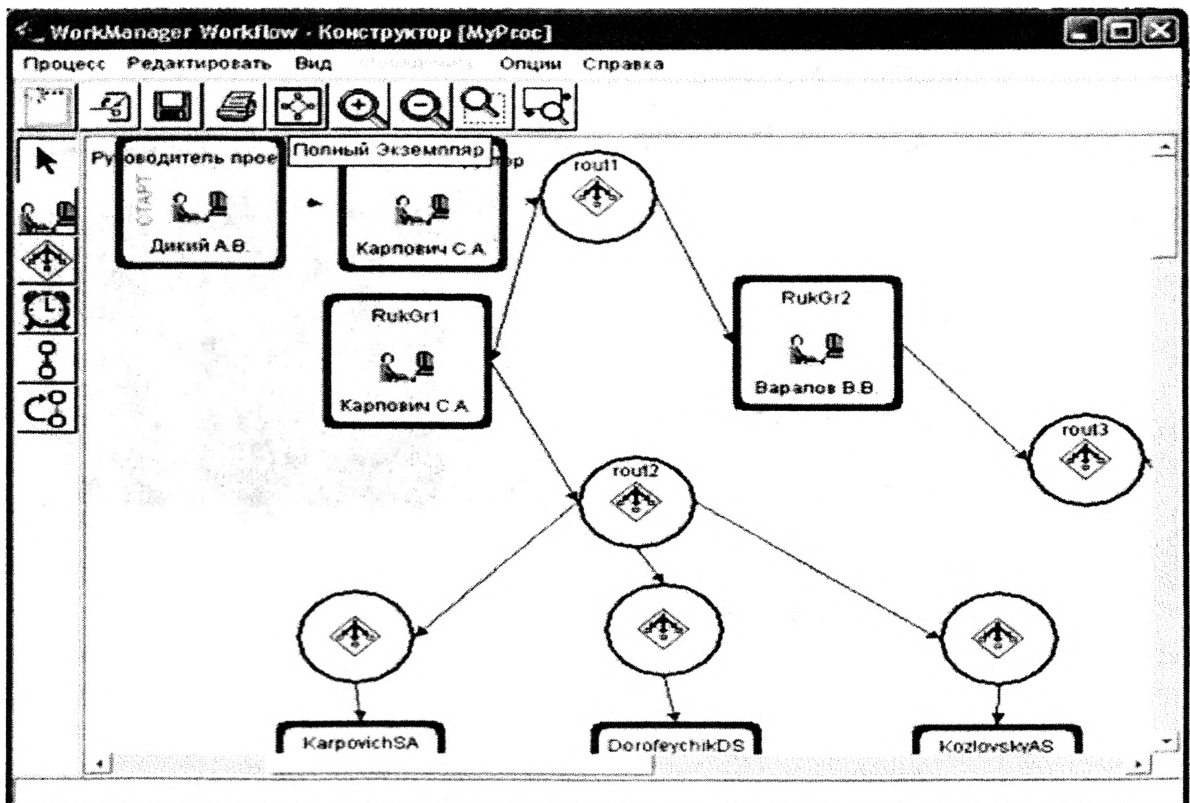


Рис. 6. Пример диаграммы потока работ в процессе проектирования

Очевидно, что выпускники инженерных кафедр БНТУ должны быть в определённой степени подготовлены для работы в среде перечисленных выше PDM/CAD/CAE/CAM технологий, которые радикально изменяют технологию выполнения процессов проектирования.

Однако изучение техники работы с информацией об изделии на основе специальных геометрических и информационных моделей посредством компьютера требует серьёзной перестройки методик преподавания, технического и программного оснащения и переоснащения большинства профилирующих инженерных кафедр.

Для улучшения подготовки специалистов в области CAD/CAM/PDM технологий и содействия более широкому применению в Республике Беларусь программной продукции САПР для конструкторской технологической подготовки производства, основанной на отечественной нормативно технической базе, БНТУ в лице кафедры САПР заключил соглашение о научно-техническом сотрудничестве с иностранным предприятием “АсконБел”. В рамках этого соглашения на кафедру САПР была передана программная продукция КОМПАС на 10 лицензий. Продукт установлен в двух лабораториях и используется в учебном процессе кафедры.

Поскольку на ранке программных продуктов для автоматизированного проектирования в настоящее время преобладают западные пакеты и выпускникам университета приходится с ними работать также часто, как с “КОМПАС” или “T-Flex”, в течение 2002-2003 кафедра САПР вела переговоры о заключении договора о предоставлении гуманитарной помощи с немецкой компанией CoCreate (бывшая дочерняя компания известной компании Hewlett Packard). Весной 2003 г. договор был заключён и в его рамках в октябре с.г. была реализована безвозмездная передача кафедре САПР БНТУ 8 профессиональных рабочих станций фирмы HP 9000/715 Workstations, а также 8 плавающих лицензий на современное сетевое программное обеспечение для автоматизированного проектирования в составе (рис. 7):

– **Машиностроительный CAD**

CoCreate OneSpace Designer Drafting
CoCreate OneSpace Designer Modeling

– **CAE**

SD/ADAMS
Design Advisor (NASTRAN)
Mold Advisors (MOLDFLOW)

– **PDM**

CoCreate OneSpace Drawing Manager
CoCreate OneSpace Model Manager
CoCreate OneSpace Project Data Manager

– **Конференции**

CoCreate OneSpace Collaboration

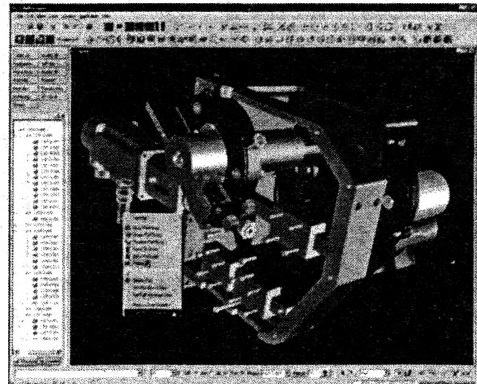


Рис. 7. Укрупнённый перечень продуктов компании CoCreate, переданных на кафедру САПР БНТУ

CoCreate OneSpace Designer Drafting – модуль двухмерного черчения;

- CoCreate OneSpace Designer Modeling – модуль 3-х мерного моделирования (Base Modul + Annotation – разработка 2D документации из 3D моделей + Step + IGES);

- Design Advisor (Nastran) - решение пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций непосредственно в процессе конструирования;

- Assembly – модуль для моделирования кинематических отношений;

- Parametrics – модуль для работы с параметрическими связями;

- Surfacing – модуль для работы со сложными поверхностными формами;

- 2D-SolidGenius – библиотека 2-х мерных стандартных элементов;

- 3D – Library (or Solid Genius) – библиотека 3-х мерных стандартных элементов;

- Drawing Manager – PDM (модуль управления данными об изделии) для One Space Designer Drafting;

- Model Manager - PDM для One Space Designer Modeling (модуль управления данными об изделии из среды Model Manager);

- CoCreate OneSpace Project Data Manager – управление данными и работами в масштабе проектной организации.

Эта среда автоматизированного проектирования содержит в своём составе все рассмотренные выше PDM/CAD/CAE/Work Flow компоненты, развернута в трёх лабораториях кафедры САПР и позволяет осуществлять процесс проектирования, в полном соответствии с требованиями CALS-технологий. В настоящее время кафедра приступила к созданию учебно-методических материалов, которые могли бы позволить внедрение этой наукоёмкой технологии в учебный процесс кафедры.

Очевидная сложность и объёмность проблемы внедрения PDM/CAD/CAE/CAM технологий в учебный процесс инженерных вузов требует специальной инфраструктуры комплексных услуг, а именно: консультаций по выбору и применению технологий, поставку, установку и сопровождение компьютерных средств и лицензионного программного обеспечения, обучение преподавательского состава, а также выполнение методических разработок по специальным заказам. Организационная инфраструктура для последовательного и постепенного внедрения CALS технологий в учебный процесс БНТУ может быть создана на базе кафедры Систем автоматизированного проектирования, имеющей набор лицензионных программных продуктов: компаний АСКОН, CoCreate, Топ Системы.

А что касается основной стратегии внедрения наукоёмких CALS технологий в инженерное образование, то, на наш взгляд, ей может послужить кооперация:

- межкафедральная кооперация, например имитация реальных производственных условий путём выполнения комплексных курсовых и дипломных проектов бригадой студентов с привлечением консультантов со специализированных кафедр;

- кооперация Высшей школы и производителей и поставщиков упомянутых программных систем на базе общих интересов – продажа сложных программных продуктов предполагает наличие специалистов, умеющих с ними работать;

- кооперация Высшей школы и предприятий промышленности – предприятия имеют больше возможностей для приобретения программных систем, а специалисты Высшей школы - для их освоения;

- межвузовская кооперация – объединение усилий сложившихся научных школ в совместных интересах.