

НАУЧНАЯ ШКОЛА

«КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ»

Современный этап развития машиностроения характеризуется значительным ростом объема, номенклатуры и резким повышением требований к качеству изделий.

Обеспечение возрастающих потребностей общества в основе своей предусматривает непрерывное повышение качества и производительности всех без исключения видов общественного производства.

Поэтому вопросам автоматизации и управления технологическими процессами и производствами отводится особо важная роль, так как именно от этих направлений науки и производства зависит решение актуальных задач в машиностроении, имеющих значительный удельный вес в экономике всей страны.

Решение данной проблемы возможно только на основе системного подхода, включающего применение

математических методов, информационных и когнитивных технологий, вычислительной техники и телекоммуникационных систем.

Представление и использование знаний о новых технологиях и производственных системах с целью построения методологических и практических основ создания интегрированных автоматизированных производств, поддерживающих жизненный цикл изделий, составляет основу школы «Конструкторско-технологическая информатика в машиностроении» (КТИ).

Основатель школы КТИ — член-корреспондент РАН, лауреат Ленинской и Государственных премий, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор Юрий Михайлович Соломенцев.

Под руководством Ю.М. Соломенцева подготовлено около 30 докторов наук и 60 кандидатов наук. Им



*Член-корр. РАН,
лауреат Ленинской и Государственных премий,
заслуженный деятель науки РФ,
д-р техн. наук, профессор
Ю.М. СОЛОМЕНЦЕВ*

опубликовано более 360 научных работ, в том числе монографии, учебники и учебные пособия, патенты.

Постоянно выступая за реализацию идеи интеграции науки и образования, Ю.М. Соломенцев стал инициатором создания в 1991 году Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук (ИКИ РАН). В 1987 году избран членом-корреспондентом Российской академии наук. В 1972 году Ю.М. Соломенцев был удостоен звания лауреата Ленинской премии за исследование новых путей повышения точности и производительности обработки деталей на станках путем применения разработанных адаптивных систем управления.

Официально научно-педагогическая школа «Конструкторско-технологическая информатика в машиностроении» была зарегистрирована в Роснауке в 2005 году как выигравшая грант Президента РФ.

Но исторически становление школы началось в конце 50-х — начале 60-х годов прошлого века. Это в первую очередь связано с именем заведующего кафедрой «Технология машиностроения», профессора Бориса Сергеевича Балакшина.

Б.С. Балакшин выдвинул идею адаптивного управления системой СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь), а по сути это была идея управления технологическими процессами непосредственно во время обработки. Она была развита в многочисленных работах его учеников.

Коллектив ученых, возглавляемый профессором Б.С. Балакшиным, удостоен в 1972 году Ленинской премии за исследование новых путей повышения точности и производительности обработки на станках с использованием адаптивных систем управления.

С середины 1970-х годов в Станкине широко начала использоваться

вычислительная техника, в том числе для проектирования и управления технологическими процессами. Здесь следует отметить докторскую диссертацию ученика Ю.М. Соломенцева – В.Г. Митрофанова «Связи между этапами проектирования технологического процесса изготовления детали и их влиянием на принятие оптимальных решений», защищенную в 1980 году.

В 1979 году по инициативе Ю.М. Соломенцева была организована кафедра «Автоматизированное проектирование и управление» (в настоящее время – «Информационные технологии и вычислительные системы»). Под научным руководством Ю.М. Соломенцева были защищены докторские диссертации В.Г. Митрофановым, В.В. Павловым, Е.Б. Фроловым, Г.Д. Волковой, Н.В. Волковым, А.Ф. Прохоровым, Д.Г. Коновалом, В.П. Вороненко, В.П. Диденко, С.А. Шептуновым, Н.М. Султан-Заде, М.Г. Косовым, А.Ф. Горшковым, Л.М. Червяковым, А.А. Кутиным и другими; кандидатские диссертации А.М. Басиным, А.Ф. Колчиным, И.А. Притыкой, В.К. Шемелиным, В.Н. Балаболиным, В.Л. Платоновым, Ю.П. Шакулой, С.Е. Чекменёвым, А.Л. Панфиловым, О.А. Хмелевым и другими. В этих работах были развиты теоретические основы комплексной автоматизации производства, методы и средства оптимального конструирования станков и проектирования технологических процессов.

Развитие научной школы конструкторско-технологической информатики продолжилось с открытием вычислительного центра, а затем научно-технического полигона САПР, оснащенного самой современной компьютерной тех-



*Д-р техн. наук,
профессор
Б.С. БАЛАКШИН*

никой ведущих мировых производителей, таких как IBM, Hewlett-Packard, Apple, DEC, Siemens и другие.

Профессор В.Н. Лебедев способствовал разработке новых научных направлений в области систем программирования. Тем самым теория конструкторско-технологического проектирования получила свое дальнейшее развитие.

В разное время научная школа Ю.М. Соломенцева развивала такие направления, как «Концептуальное моделирование и методология промышленного изготовления ИТ-систем» (Г.Д. Волкова), «Технология знаний и интеллектуальные системы» (А.Ф. Колчин), «Автоматизация планирования производства» (Е.Б. Фролов), «Математическое моделирование динамических систем» (Н.В. Волков), «Автоматизированное конфигурирование программно-технических комплексов», «Мобильные телекоммуникационные технологии» (С.Е. Чекменёв), «Управление жизненным циклом продукции» (Ю.М. Соломенцев, С.А. Шептунов, А.Ф. Колчин, Ю.Г. Коган).



*Д-р техн. наук, профессор
В.Г. МИТРОФАНОВ*

В 1984 году в Станкине были организованы направление и лаборатория «Гибкое автоматизированное производство» на базе автоматической производственной системы, включающей токарные обрабатывающие центры, роботы, транспортную систему и склад, причем программное обеспечение было разработано сотрудниками Станкина. Это была единственная гибкая автоматическая технологическая линия в вузах СССР. На этой базе проводились широкие фундаментальные и прикладные исследования и как результат — защищены десятки докторских и кандидатских диссертаций. Приобретенный при наладке и эксплуатации гибкой системы опыт позволил группе специалистов Станкина под научным руководством Ю.М. Соломенцева и В.Г. Митрофанова занять первое место в конкурсе на разработку концепции «Автоматизированное производство», организованном в 1988 го-

ду Минстанкопромом совместно с ГКНТ СССР.

Владимир Георгиевич Митрофанов в настоящее время заведует кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления», доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшего профессионального образования РФ. Он является автором более 250 научных трудов. Им подготовлено 7 докторов технических наук и 73 кандидата технических наук. Под руководством В.Г. Митрофанова успешно развивается направление, охватывающее проблемы создания, представления и использования знаний о новых технологиях и производственных системах с целью построения методологии и теории проектирования компьютеризированных интегрированных автоматизированных производств, поддерживающих

полный жизненный цикл изделий машиностроения. При его активном участии разработаны основы создания концепции нового поколения производственных систем, охватывающих вопросы экономики, проектирования, организации и управления.

Среди достижений научной школы следует отметить работы Евгения Борисовича Фролова, доктора технических наук, профессора, лауреата золотой медали Академии наук СССР за лучшую научную работу в области математики. Являясь автором свыше 100 научных работ, он имеет 8 авторских свидетельств и является одним из ведущих специалистов в России в области разработки систем оперативного управления производством. В частности, Е.Б. Фролов является главным разработчиком известной, широко распространенной российской системы оперативного управления производством (Manufacturing Execution System (MES) по международной классификации) «Фобос», которая трижды удостоивалась золотых медалей на различных международных выставках и рекомендована ФГУП «Рособоронэкспорт» для использования на отечественных машиностроительных предприятиях. Помимо этого, к сфере научных интересов Е.Б. Фролова относятся и смежные вопросы: управление предприятием, технологическая подготовка производства, промышленная логистика и ряд других.

В рамках научной школы ведет исследования доктор технических наук, профессор Галина Дмитриевна Волкова — специалист в области когнитивных технологий в системах автоматизации проектирования, автор более

90 научных работ, из них 2 монографии и 4 учебных пособия. Основные научные результаты Г.Д. Волковой состоят в разработке нового научного направления в области автоматизации интеллектуального труда — когнитивные технологии проектирования. Выполнено теоретическое обоснование методологии автоматизации интеллектуального труда на основе когнитивного подхода. Разработан комплекс методов моделирования предметных задач, обеспечивающих формирование, аналитическую обработку и интеграцию модельных представлений. Разработаны методическое обеспечение этапов проектирования автоматизированных систем и набор инструментальных средств их поддержки.

Профессор кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» Александр Федорович Колчин — с 1999 года директор Центра CALS-технологий (КЭЛС-центр). КЭЛС-центр в настоящее время является важным игроком российского рынка комплексной автоматизации предприятий. Свою деятельность компания начинала с разработки и проведения учебных курсов по CALS/PLM-технологиям для промышленных предприятий и вузов России. В дальнейшем область деятельности расширилась до внедрения CALS/PLM-технологий на промышленных предприятиях. Основной компетенцией КЭЛС-центра является комплексная автоматизация инженерной деятельности предприятий на основе PLM-технологий. Цель комплексной автоматизации инженерной деятельности — создание на предприятии полноценного PLM-решения. КЭЛС-центр предлагает предприятиям

услуги по созданию PLM-решения «под ключ», а также по созданию его отдельных компонентов.

Профессор кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» Сергей Евгеньевич Чекменёв — с 2001 по 2008 год декан факультета «Информационные технологии» ГОУ ВПО МГТУ «Станкин». Руководитель научно-образовательного центра «Информационные технологии и профессиональная карьера», член редакционного совета журнала «Вестник МГТУ «Станкин». Под его руководством защищено 4 кандидатские диссертации. С.Е. Чекменёв внес существенный вклад в создание и развитие таких научных направлений школы, как «Методы и средства конфигурирования программно-технических комплексов автоматизированных систем», «Интеллектуальные САПР», «Лингвистическое обеспечение автоматизированных систем». За разработку наукоемкой программной продукции С.Е. Чекменёв награжден серебряной медалью ВДНХ СССР.

В диссертационной работе доктора технических наук Сергея Александровича Шептунова на тему «Построение автоматизированного машиностроительного производства на основе структурно-функциональных моделей процесса создания изделий» разработана концепция создания современного конкурентоспособного производства на основе эффективной информационно-технологической среды предприятия и выполнения проектов по техническому перевооружению и модернизации машиностроительных предприятий, что позволило широко внедрить инновационные программные продукты,

наукоемкие изделия конструкторско-технологического профиля.

Анатолий Викторович Рыбаков, кандидат технических наук, доцент, обладает значительным опытом в области использования информационных технологий и компьютерного моделирования в машиностроении. В рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» является исполнителем по теме «Создание компьютерной базы знаний для проектирования технологической оснастки на основе стандартов предприятия». Результаты исследований внедрены более чем на 200 предприятиях машино-, приборо- и электромашиностроения РФ и СНГ. Так, в ОАО «Сафоновский электромашиностроительный завод» (Смоленская область) его научные разработки внедрены для организации управления предприятием при производстве электродвигателей большой мощности. Анатолий Викторович Рыбаков является автором магистерской программы 55.29.18 «Системы автоматизированной поддержки информационных решений в машиностроении» по направлению 55.29.00 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». Под его руководством подготовлено и защищено 19 кандидатских работ по специальности 06.13.06 «Автоматизация и управление технологической подготовкой производства». Он автор более 200 печатных трудов, включая шесть монографий, общим тиражом более 40 000 экземпляров. Анатолий Викторович является членом редколлегии

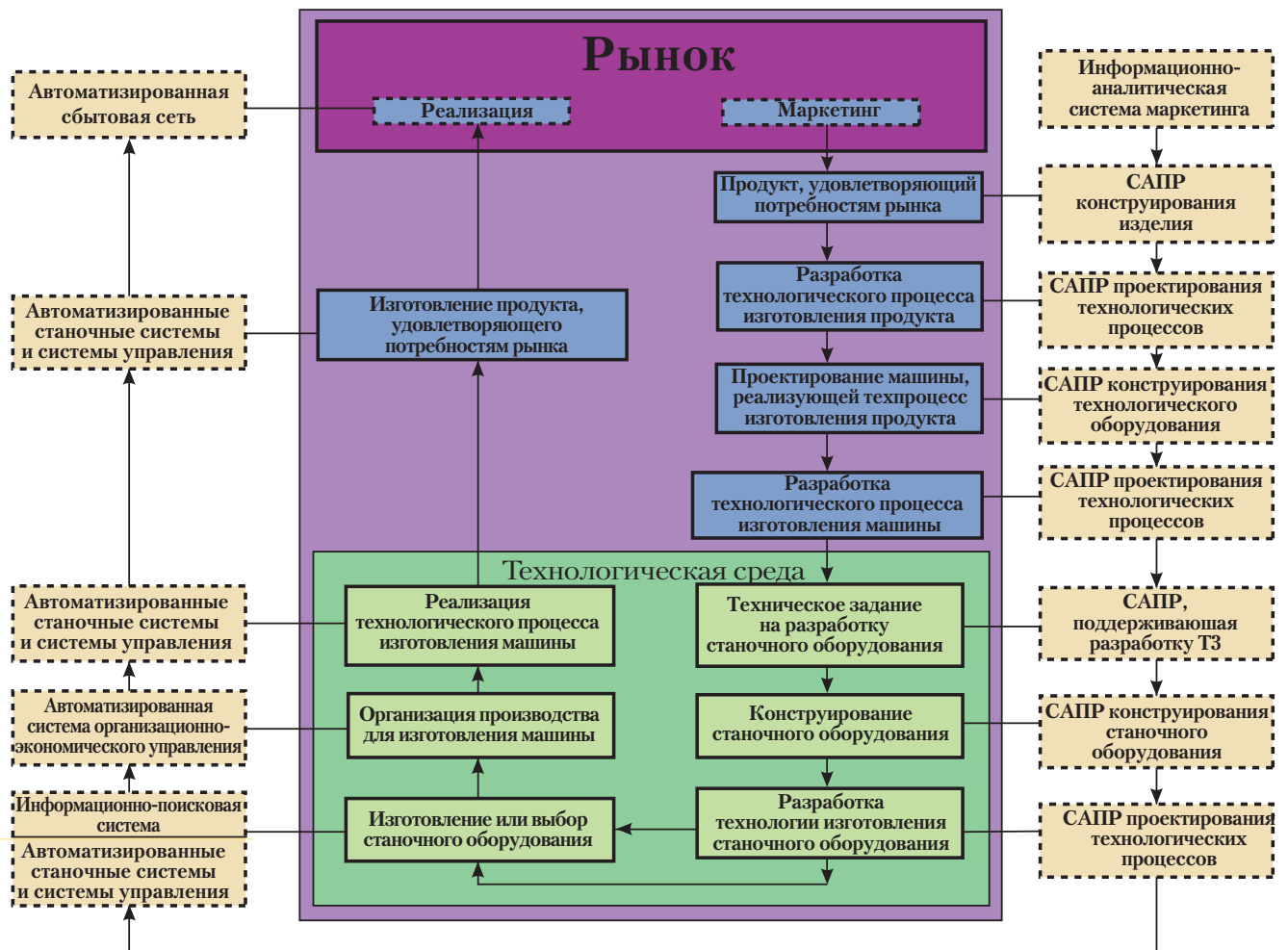


Рис. 1. Жизненный цикл изделия и его компьютерное сопровождение

научно-технического и производственного журнала «Вестник компьютерных и информационных технологий» издательства «Машиностроение».

Значительный вклад в развитие школы внесли преподаватели и инженеры кафедр «ИТиВС» и «АСО-ИиУ» кандидат технических наук, доцент В.В. Крюков, кандидат технических наук, доцент О.В. Новосёлова, кандидат технических наук, доцент Ю.Г. Коган, доцент В.Б. Носовицкий, старший преподаватель Г.А. Куликова,

заведующая лабораторией И.Л. Ионова, заведующая лабораторией З.П. Любочкина, ведущий инженер И.А. Романенко, ведущий инженер И.А. Климова и другие.

На основе идей и разработок школы КТИ появились такие важные понятия, как «конструкторско-технологическая информатика», «технологическая среда» и другие.

Конструкторско-технологическая информатика — представление и использование знаний о новых

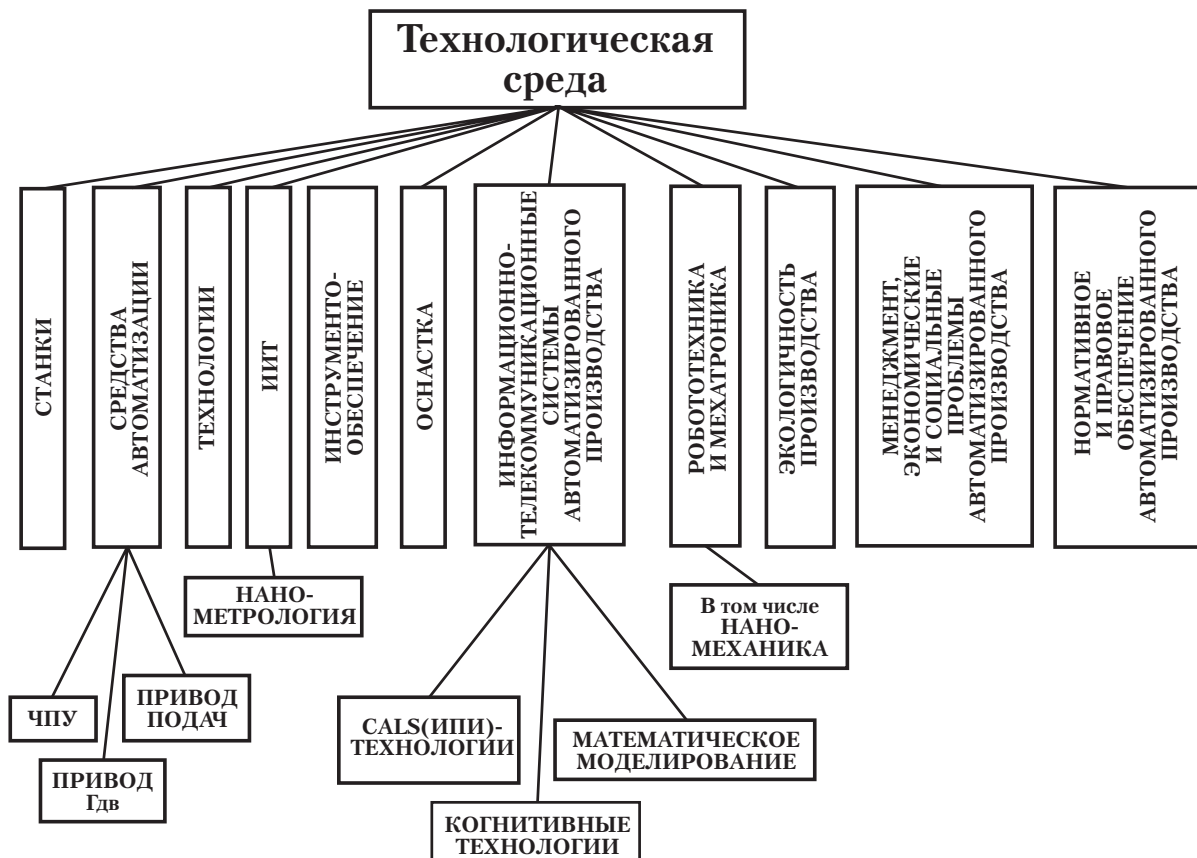


Рис. 2.
Структура технологической среды

технологиях и производственных системах с целью построения методологических и теоретических основ создания интегрированных автоматизированных производств, поддерживающих полный жизненный цикл изделий машиностроения — от этапа анализа социальных потребностей общества до сопровождения изделий у потребителя (рис. 1).

Технологическая среда — совокупность современных технологий, машин (станков, прессов, литейного и другого оборудования), формообразующего инструмента, оснастки, систем контроля и управления всех уровней

(от отдельного станка до больших производственных систем), инструментальных средств в виде программно-аппаратных комплексов на всех этапах производственного процесса, организация выпуска конкурентного продукта, которого требует рынок (рис. 2).

Основными достижениями научной школы являются: основы создания концепции нового поколения производственных систем, охватывающих вопросы экономики, организации, проектирования, технологии и управления; новый математический метод решения комбинаторных и оптимизационных задач дискретной математики,

позволяющий решать большинство задач организационно-экономического и организационно-технологического управления производством (диплом 2-й Международной конференции «Актуальные проблемы фундаментальных наук — CPFS'94», подтверждающий фундаментальность результата); математическая модель представления геометрической информации на основе эрмитовых способов описания кривых и поверхностей, позволяющая решить задачу трехмерного конструирования объектов машиностроения с использованием «настольных» САПР; методы моделирования (представления предметных знаний) на основе полихроматических множеств и графов, позволяющие решить задачи построения «интеллектуальных» технологических систем в машиностроении; концепция персональных систем ЧПУ типа PCNC (Personal Computer Numerical Control) с открытой архитектурой в двухкомпьютерной и однокомпьютерной версиях; математическое обеспечение систем PCNC с использованием современной технологии объектно-ориентированного программирования (OLE-технологии, COM-технологии); теоретические положения концептуального и инфологического моделирования и их взаимосвязей; методология проектирования САПР на основе теоретических положений.

Научные результаты соответствуют приоритетному направлению «Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования и управления» из утвержденного перечня приоритетных направлений, что подтверждается выигранными грантами Президента РФ 2005, 2006, 2008 и 2010 годов.

Коллектив научной школы конструкторско-технологической информатики, возглавляемый Ю.М. Соломенцевым, четырежды удостоивался грантов Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ.

Так, в 2008 году Федеральное агентство по науке и инновациям и ГОУ Московский государственный технологический университет «Станкин» заключили соглашение об условиях предоставления и использования гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации НШ-1169.2008.9 «Информационные технологии, поддерживающие моделирование и управление движениями формообразования», а в 2010 году — НШ-8356.2010.9 «Методы и средства создания и модернизации автоматизированных систем управления и обработки информации».

В рамках школы КТИ разработаны методы, средства и программно-технические системы, ориентированные на решение широкого спектра задач комплексной автоматизации машиностроительного производства.

Среди подобных систем получили известность и высокие оценки специалистов система оперативного управления производством (MES) «Фобос» и САПР технологических процессов «Темп».

Интегрированная система оперативного управления производством «Фобос»

Подразделение-разработчик и авторы разработки: кафедра «Информационные технологии и вычислительные

системы», доктор технических наук, профессор Е.Б. Фролов.

Назначение и функции разработки: управление позаказным (мелкосерийным и единичным) производством; оперативное планирование, расчет и коррекция производственных расписаний.

Области применения: машиностроение, приборостроение, деревообработка и другие виды дискретного производства мелкосерийного и единичного типа.

Система «Фобос» решает задачи технологической подготовки и организации производства. В системе реализовано автоматизированное рабочее место технолога-разработчика маршрутных и операционных технологий. Технологические данные являются основой для оперативного планирования производства.

Оперативное планирование и диспетчерский контроль прохождения заказов осуществляются в системе посредством расчета оптимального производственного расписания и последующего мониторинга его выполнения. В основу расчета и управления производственным расписанием положен математический оптимизационный аппарат, позволяющий моделировать 100 сценариев по 3 выбранным значениям критериев из 14 возможных.

В системе «Фобос» ведется комплексный мониторинг в on-line режиме состояния производственных заказов. В этой подсистеме ведется детальный анализ возникающих задержек обработки деталей на каждом производственном участке, контролируется их текущий дефицит, производится оперативный анализ производственных

затрат (Activity Based Costing) в разрезе как основного технологического оборудования, так и отдельных производственных заказов.

На сегодняшний день в России система «Фобос» является наиболее функционально полной реализацией MES. Об этом свидетельствуют ее награды, полученные на престижных форумах и выставках:

- золотая медаль Всероссийского научно-промышленного форума «Россия Единая» (Нижний Новгород, сентябрь 2001);
- золотая медаль Первого Московского международного салона инноваций и инвестиций (Москва, март 2001);
- золотая медаль и диплом лауреата конкурса «Национальная безопасность» Второй Международной промышленной ярмарки (Москва, июнь 2003);
- дипломы лауреата Международной выставки Softool 2002–2006 (Москва).

Система «Фобос» рекомендована ФГУП «Рособоронэкспорт» машиностроительным предприятиям для повышения фондоотдачи оборудования и выполнения требований международного стандарта ISO-9000.6.

Патентная защищенность: разработка защищена свидетельствами Роспатента.

Программно-методический комплекс технологической подготовки производства «Темп»

Подразделение-разработчик и авторы разработки: кафедра «Информационные технологии и вычислитель-

ные системы», кандидат технических наук, доцент В.В. Крюков.

Комплекс обеспечивает выполнение следующих функций: автоматизированное проектирование технологических процессов для любого вида производства с использованием методов прямого документирования, проектирования на основе процесс-аналога, типовых технологических процессов, синтеза технологических процессов на основе разработанных пользователем технологических алгоритмов; автоматизированное нормирование трудоемкости технологических процессов с использованием подготовленных пользователем классификаторов, нормативно-справочной информации и алгоритмов; автоматизированное нормирование расхода материалов; формирование классификаторов и справочников по инструменту, оснастке, оборудованию, типовым переходам и прочее; ведение архива технологической документации; создание новых форм проектных документов как шаблонов редактора WORD.

Программно-методический комплекс «Темп» зарегистрирован в Российском агентстве по товарным знакам и патентам (Роспатент), свидетельство № 2008614459 от 17.09.2008.

Система «Темп» интегрирована с системой «Фобос».

Теоретические и практические результаты школы КТИ были использованы в масштабном проекте «КИП ЗВИ» государственной научно-технической программы «Технологии, машины и производства будущего». Проект выполнялся с 1988 по 1993 год под научным руководством Ю.М. Соломенцева.

Цель проекта: создание высокоавтоматизированных листоштамповочного и инструментального производств с интегрированной системой конструкторско-технологической подготовки и управления в целях многократного увеличения выпуска товаров бытового назначения без увеличения численности работающих, а также для дальнейшего развития и проверки перспективных технологических, организационно-технических и экономических решений, обеспечивающих ускоренное развитие машиностроения. Так, в проекте впервые в России под руководством проректора по НИР МГТУ «Станкин», доктора технических наук, профессора В.С. Кулешова и главного конструктора АО «ЗВИ», доктора технических наук, профессора В.И. Радица совместно со Стерлитамакским станкозаводом был создан автоматизированный лазерный технологический комплекс для изготовления деталей из листовых материалов, выполнена его доводка и стыковка с системой CAD/CAM управления. На лазерном комплексе было освоено изготовление листов статора и ротора опытных электродвигателей 160 кВт, также впервые была создана и внедрена компьютерная интегрированная система конструкторско-технологической подготовки и управления производством с использованием методики CALS-технологий.

В ходе работы был получен уникальный опыт организации крупномасштабных проектов в составе базового предприятия и университета в качестве головной научно-исследовательской организации.

Научные подразделения, работающие в рамках школы КТИ, поддерживают связи с отечественными и зарубежными учреждениями и научными коллективами: научные учреждения Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН; научные институты городов Нальчик, Брянск, Пенза; Технологический институт Гуанчжоу (Гуандон, КНР); Технический университет Берлина (научная школа профессора Г. Шпура); Технический университет Аахена (ФРГ); Хемницкий технический университет (ФРГ) и другие.

В настоящее время область научных интересов научной школы КТИ — решение проблем создания и повышения эффективности функционирования

систем автоматизированного проектирования, управления качеством проектных работ на основе использования современных методов когнитивного моделирования и инженерного анализа, перехода на безбумажные сетевые формы электронного документооборота и мобильного распределенного доступа персонала ко всем подсистемам и службам интегрированной автоматизированной проектно-производственной среды предприятия.

Таким образом, работы научной школы КТИ стимулировали мощный прорыв в области фундаментальных и прикладных исследований, что было подхвачено многими коллективами вузов, НИИ, предприятий не только в России, но и за рубежом.