

НАУЧНАЯ ШКОЛА

«ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Старейшей школой, ведущей свою историю со дня основания Станкина, является научная школа технологии машиностроения. Ее основателями следует считать докторов технических наук, профессоров Александра Ивановича Каширина — первого руководителя кафедры с 1938 года и Бориса Сергеевича Балакшина — заведующего кафедрой с 1946 по 1974 год.

А.И. Каширин — автор первых учебников «Основы проектирования технологических процессов», «Технология машиностроения», монографии «Исследование вибраций при резании металлов». Первый выпуск инженеров-технологов в количестве 47 человек состоялся в 1941 году. В годы войны преподаватели кафедры вели активные исследования для выпуска военной продукции.

Заслугой Б.С. Балакшина являлась прежде всего трактовка технологии машиностроения как отрасли науки, зани-

мающейся изучением процессов изготовления машин, а не только способов обработки поверхностей деталей. Научные основы технологии машиностроения, разработанные Б.С. Балакшиным, содержат:

- теорию размерных цепей (1939), предоставляющую возможность вскрывать и рассчитывать размерные связи в конструкциях машин и технологических процессах их изготовления;
- теорию базирования (1946), содержащую строгую терминологию и правила выбора конструкторских, технологических и измерительных баз;
- пути и средства повышения производительности производственных процессов и снижения себестоимости изготовления машин;
- метод разработки технологического процесса изготовления машины, содержащий состав, последовательность действий и указания по их



*Д-р техн. наук,
профессор
А.И. КАШИРИН*



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



Л.А. ГЛЕЙЗЕР



Д.В. ЧАРНКО



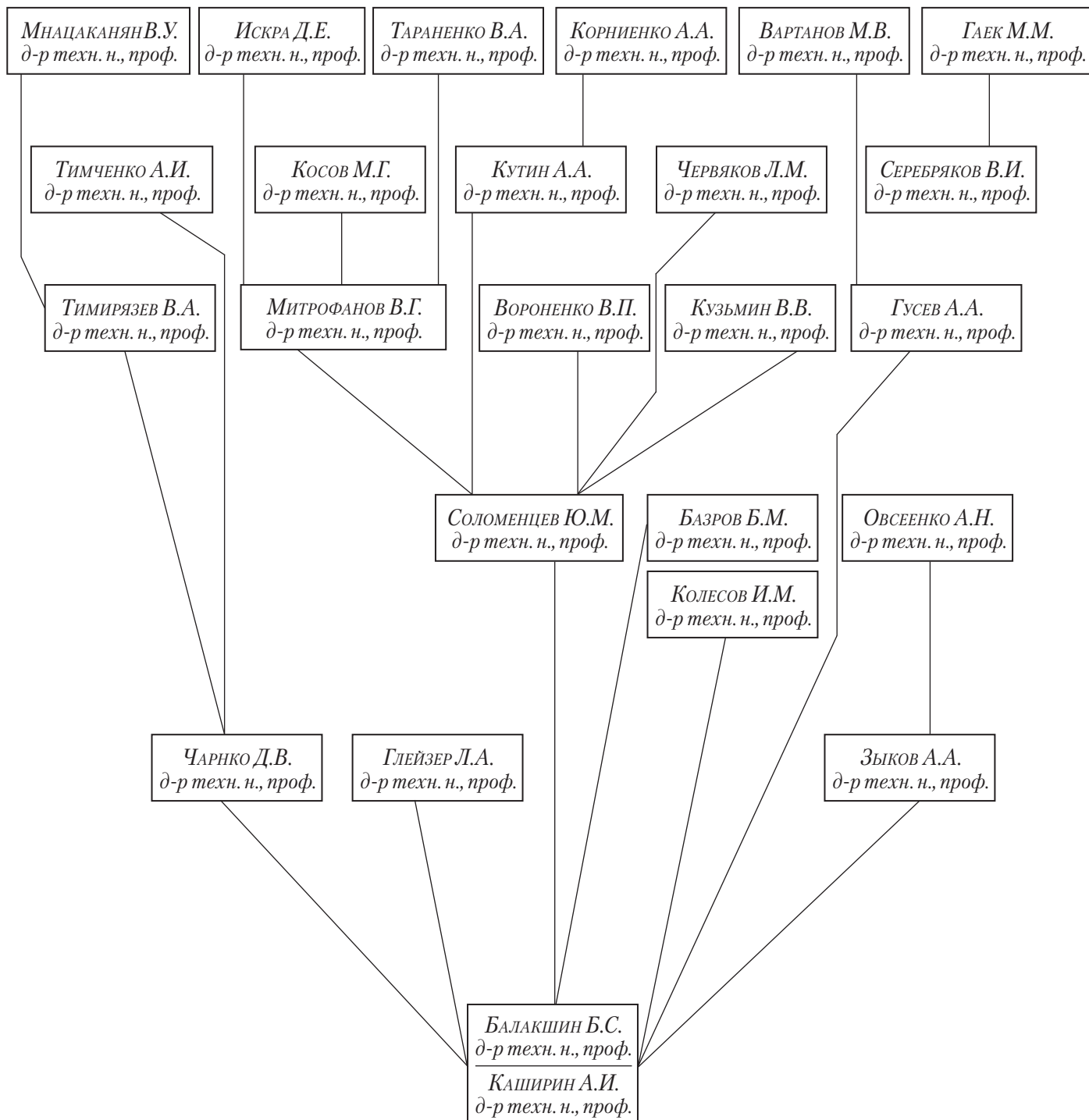
И.М. КОЛЕСОВ

осуществлению, исходя из служебного назначения изделия.

Научные основы технологии машиностроения, разработанные Б.С. Балакшиным, изложены в трудах «Технология станкостроения» (1947), «Основы технологии машиностроения» (1959, 1966, 1969), «Теория и практика машиностроения» (1982).

Научная школа Б.С. Балакшина нашла признание не только у нас в стране, но и за рубежом. Его труды переведены на английский, китайский, латышский и узбекский языки.

Первыми известными учениками профессора Б.С. Балакшина являются доктор технических наук, профессора Леонид Акимович Глейзер, Донат



Владимирович Чарнко и Игорь Михайлович Колесов.

Л.А. Глейзер пользовался репутацией одного из виднейших специалистов в области шлифования. Он является автором первого в мире станка с программным управлением от перфоленты (1947).

С именем Д.В. Чарнко связаны проектирование и организация производства первых отечественных тракторов на Сталинградском тракторном заводе. В 1964 году Д.В. Чарнко завершил важную работу по раскрытию структур операций, в которой он показал, что производительность технологических процессов может быть повышена в 10 раз за счет более эффективной организации производства.

В 1967 году И.М. Колесовым была закончена работа по раскрытию количественных связей между отклонениями формы, относительного поворота поверхностей деталей и расстояния между ними, проявляющимися в процессе изготовления машин. В 1974 году после смерти Б.С. Балакшина И.М. Колесов возглавил кафедру технологии машиностроения.

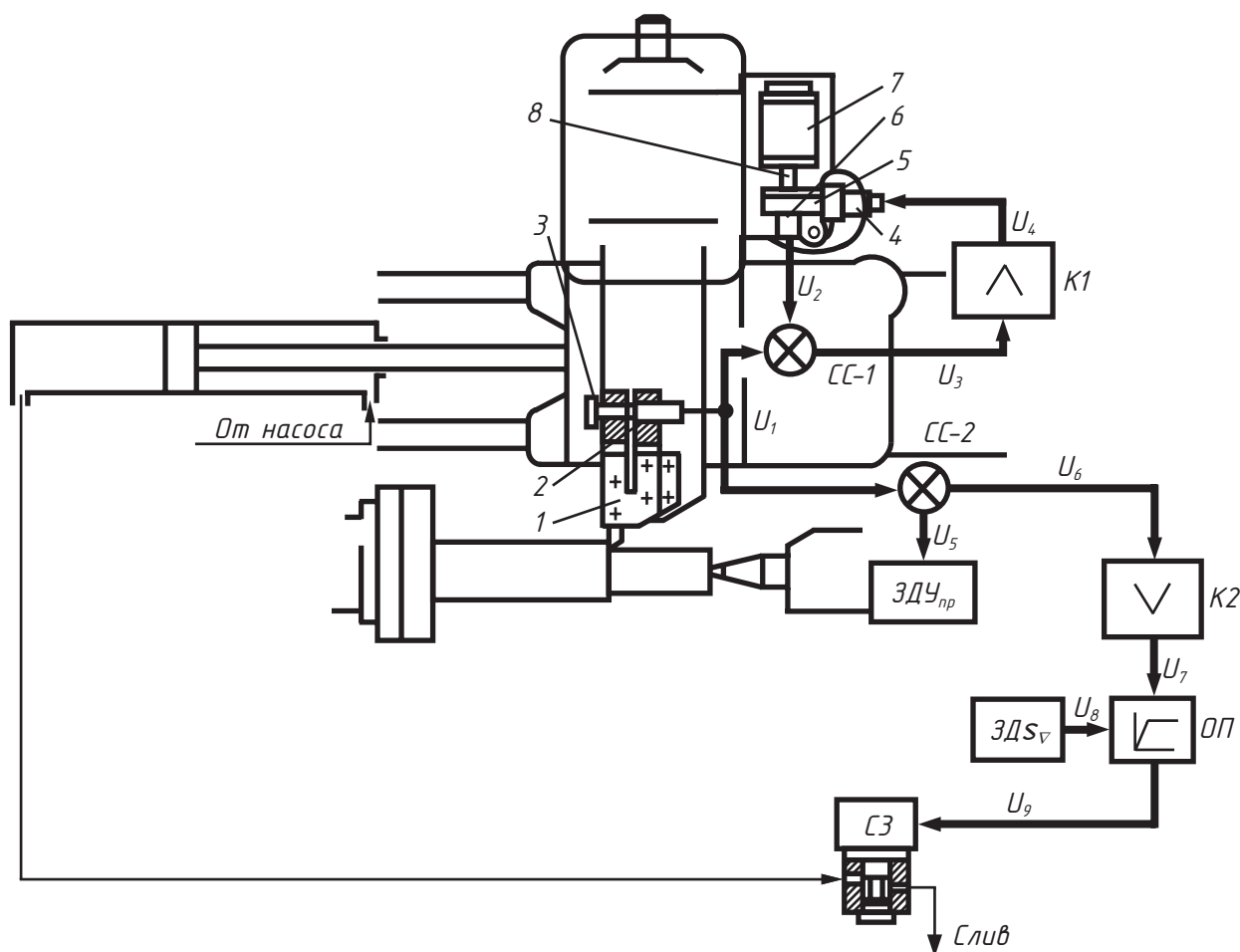
Основным научным направлением кафедры в те годы было «Повышение точности изделий и производительности технологических процессов их изготовления».

С начала 1950-х годов и на протяжении 25 лет велась разработка идей об оснащении станков системами адаптивного управления (САУ), выдвинутых Б.С. Балакшиным. Сущность работы систем адаптивного управления заключается в том, что в процессе резания осуществляется прямой или косвенный контроль за достигаемыми

параметрами точности детали и состоянием технологической системы и при возникновении отклонений вносится необходимая поправка в статическую настройку станка (размер A_c) или в режимы обработки (подачу s или скорость резания v). На рисунке представлены структурная схема и основные узлы системы комплексного управления статической и динамической настройкой токарного гидрокопировального полуавтомата.

Первый контур системы представляет собой следящую САУ статической настройки. Он обеспечивает изменение размера статической настройки A_c путем перемещения суппорта 1 в радиальном направлении на величину $\Delta_c = A_d$ размера динамической настройки. Это позволяет компенсировать возникающие в системе упругие перемещения. Перемещения суппорта на малые расстояния осуществляются с помощью механизма 5, встроенного в рычаг упора щупа. Для достижения высокой точности малых перемещений в систему введена отрицательная обратная связь. Датчик обратной связи 6, установленный на рычаге упора соосно со следящим гидрозолотником 7, измеряет поднастроечные перемещения суппорта по смещению щупа 8.

Второй контур — это система автоматического управления размером динамической настройки с задатчиком предельной величины упругого перемещения $ЗДУ_{пр}$ и задатчиком наибольшего значения продольной подачи $ЗДsv$. Он обеспечивает в процессе резания автоматический поиск и поддержание оптимального значения продольной подачи. Бесступенчатое регулирование подачи осуществляется следящим гидрорас-



Структурная схема и основные узлы системы комплексного управления статической и динамической настройкой

пределителем $СЗ$ с электроуправлением, встроенным на выходе гидросхемы станка. С индуктивного датчика 2 на схеме сравнения $СС-1$, $СС-2$ непрерывно поступает информация о величине $y = A_d$. На схему $СС-1$ поступает также сигнал U_2 от датчика обратной связи 6. Сигнал рассогласования U_3 усиливается в усилителе $К1$ и подается на электродвигатель 4 механизма 5, обеспечивающего регулирование размера статической настройки. На схему $СС-2$ поступает также от задатчика $ЗДУ_{пр}$ сигнал U_5 , соответствующий величине $U_{пр}$. Сигнал рассо-

гласования U_6 усиливается усилителем $К2$ и подается через ограничитель подачи $ОП$ на электромеханический преобразователь следящего золотника $СЗ$. Непрерывное формирование сигнала U_9 , соответствующего критерию оптимального значения подачи, происходит в результате наличия двух задатчиков $ЗДУ_{пр}$, $ЗДС_{в}$ и ограничителя $ОП$. Таким образом, в процессе резания система следит за величиной упругого перемещения и вносит соответствующие поправки в размер статической настройки, а путем регулирования продольной подачи производит

стабилизацию размера динамической настройки, когда он достигает заданного предельного значения.

Исследования в области САУ оказались весьма эффективными: токарные, фрезерные, шлифовальные и станки других типов, оснащенные САУ, обеспечивали повышение точности обработки в 3–4 раза, увеличение производительности до двух раз, повышение стойкости режущего инструмента на 30–50%. Первый в мире станок (круглошлифовальный), оснащенный САУ, был создан аспирантом Л.В. Худобиным в 1958 году. По теме адаптивного управления было защищено свыше 40 кандидатских и 5 докторских диссертаций, опубликованы три монографии «Самоподнастраивающиеся станки» (1965, 1967, 1970) и издан капитальный труд «Адаптивное управление станками» (1973).

Разработка проблемы адаптивного управления ходом технологического процесса привела к выдвиганию оригинальных идей. Так, профессором Ю.М. Соломенцевым было доказано, что с помощью САУ можно управлять не только точностью обработки, но и себестоимостью операции.

Идея адаптивного управления получила всемирное признание. Многие серийные станки стали оснащаться различными САУ. В 1972 году коллективу кафедры «Технология машиностроения» в составе Б.С. Балакшина, Б.М. Базрова, Е.И. Луцкова, С.П. Протопопова, Ю.М. Соломенцева, В.А. Тимирязева за цикл работ в области адаптивного управления станками была присуждена Ленинская премия.

Наряду с исследованиями в области адаптивного управления проводи-

лись серьезные исследования и по другим проблемам. Так, под руководством доктора технических наук, профессора А.А. Гусева шло последовательное углубление теории и практики автоматической сборки изделий.

После назначения руководителем кафедры И.М. Колесова возникла потребность выбора нового актуального научного направления. Было показано, что использование в машиностроительном производстве отдельно стоящих станков с программным управлением для автоматизированного изготовления сложных деталей приводит к ряду существенных недостатков. Основными из которых являются: большие временные затраты на переналадку оборудования при смене обрабатываемой детали (изменение номенклатуры); простой оборудования при временном разрыве в графике поступления заготовок в рамках нескольких изделий; невозможность эксплуатации оборудования в автономном режиме в ночные смены и выходные дни; невозможность оптимизации технологических процессов.

Все перечисленные недостатки исключаются при использовании гибких производственных систем (ГПС). Поэтому основным научным направлением была принята автоматизация мелкосерийного производства с использованием ГПС. Избранному научному направлению были подчинены госбюджетная и хоздоговорные работы кафедры, тематика кандидатских диссертаций и студенческие проекты. В 1977 году на кафедре была введена в действие автоматизированная система механической обработки (АСМО) для изготовления корпусных деталей, которая стала первой в вузах страны.



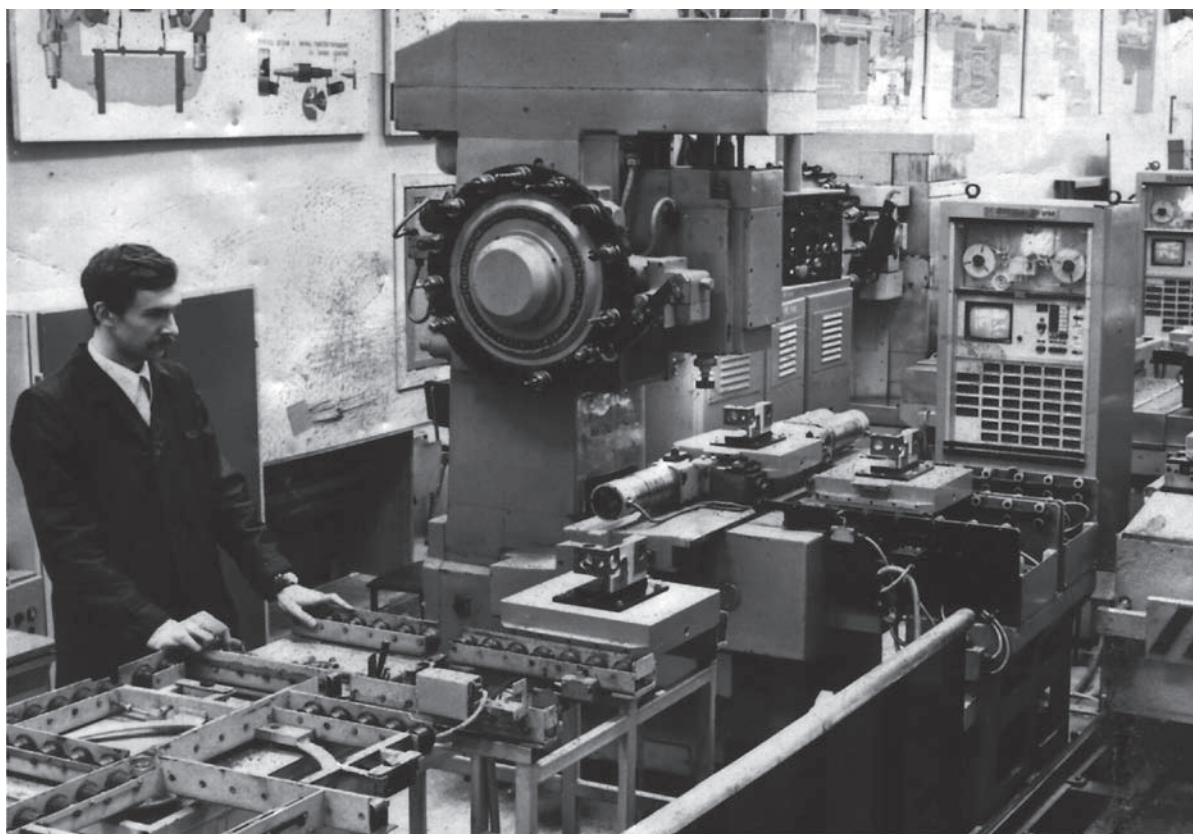
*Лауреаты Ленинской премии 1972 г. профессора и доценты кафедры (слева направо)
Е.И. Луцков, С.П. Протопопов, Б.С. Балакшин, Б.М. Базров, Ю.М. Соломенцев, В.А. Тимирязев*

АСМО, в состав которой входили два обрабатывающих центра, каретка-оператор и управляющий вычислительный комплекс М-6000, помогла вникнуть в сущность автоматизированного производственного процесса и представить его в виде сложной вероятностной системы пяти множеств связей: свойств материалов, размерных, временных, информационных и экономических.

Однако низкая надежность обрабатывающего технологического оборудования и систем управления, отсутствие диагностических и контрольно-изме-

рительных систем не позволили осуществить широкое внедрение АСМО в производство.

В настоящее время на базе ГПС нового поколения удастся избежать существовавших ранее недостатков и решать проблемы автоматизации мелкосерийного производства с большей эффективностью. На кафедре разработана концепция формирования параллельных автоматизированных комплексов технологического оборудования для решения задач изготовления изделий в машиностроительных производствах.

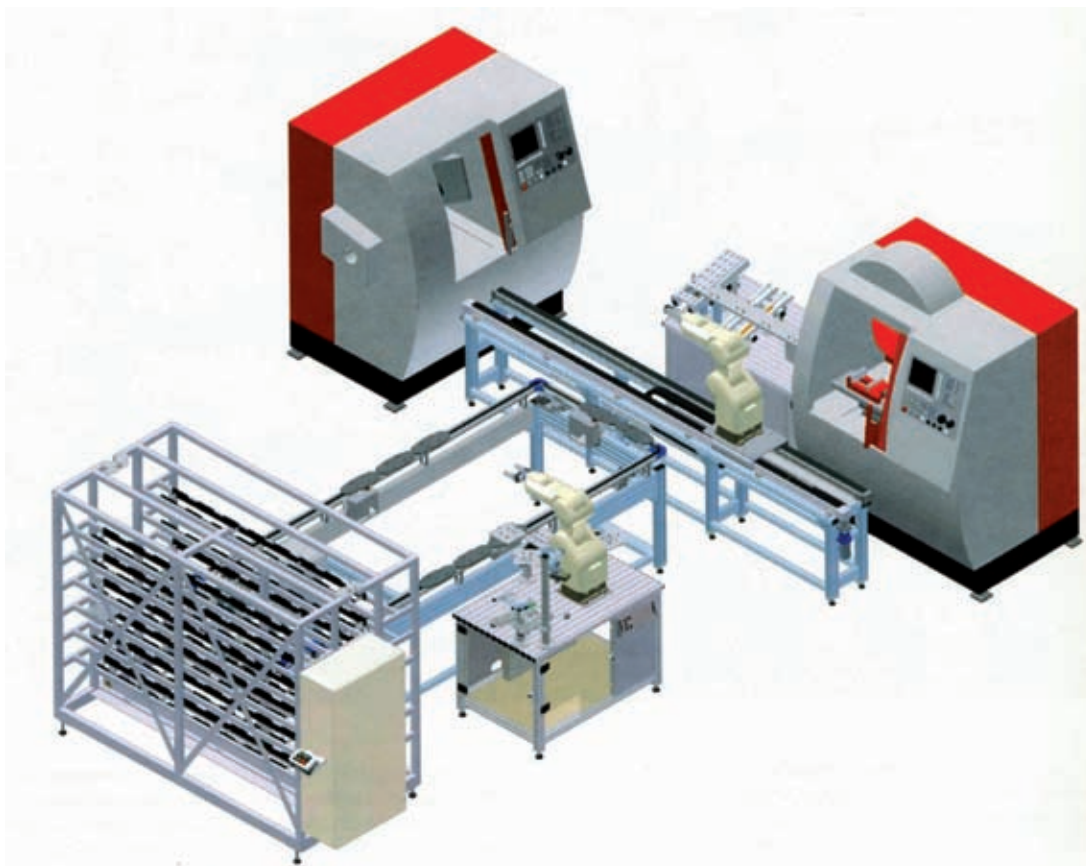


Автоматизированная система механической обработки

В основу концепции была заложена методология, базирующаяся на следующих постулатах: максимальная готовность оборудования к интеграции, даже в полностью автоматизированное производство без участия человека; компактное расположение компонентов, отвечающее требованиям заказчика; максимальное сокращение времени выполнения вспомогательных операций за счет программной логики, а также оптимизации времени выполнения операций и настройки.

Основополагающим принципом данной концепции является модульный подход к построению гибкой производственной системы на основе максимальной адаптации стандартных обрабаты-

вающих и вспомогательных компонентов применительно к работе в составе модулей. Именно это позволяет обеспечить готовность оборудования к работе полностью в автоматизированном режиме, без участия человека, сохраняя оптимальное расположение оборудования. Кроме того, данный подход позволяет максимально сократить время вспомогательных операций и проводить оптимизацию выполняемых операций за счет глубокой интеграции специализированного программного обеспечения. Основные модульные компоненты объединяются с учетом индивидуальных требований и специализации по типу выпускаемой продукции с целью создать максимально компактную произ-



Гибкая производственная система

водственную линию с максимально свободной сборочной архитектурой, соответствующей требованиям заказчика.

Разработанная концепция будет реализована в учебно-методическом комплексе, позволяющем осуществлять изучение принципов функционирования современных интегрированных роботизированных автоматизированных производств.

Комплекс позволит проводить практические занятия по типовым задачам использования ГПС в автоматизированном производстве: роботизированная погрузка/разгрузка станков с ЧПУ, интеграция станков с системами транспортировки, контроль качества на основе системы машинного зре-

ния, интеграция с системой управления производством (MES-системой).

Глобальное научное направление гибкой автоматизации высокотехнологичных машиностроительных производств включает несколько научно-технических проблем, решаемых на кафедре.

Разработка автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) — руководители: доктор технических наук, профессор А.А. Кутин, доктор технических наук В.В. Кузьмин, кандидат технических наук, доцент Ю.А. Максин.

АСТПП решает следующие задачи:

- обеспечение технологичности конструкций;



*Д-р техн. наук, профессор
А.А. КУТИН*

- технологическое проектирование;
- изготовление средств технологического оснащения;
- организация и управление ТПП;
- организация информационного обслуживания пользователя и программных систем АСТПП;
- автоматизация проектирования и настройки программных систем, реализующих функции ТПП.

Проблема автоматизации ТПП решается на основе разработанного программно-методического комплекса (ПМК), представляющего собой гибкий инструментальный набор интегрированных систем проектирования СИТЕП технологических процессов и технологической оснастки. В ПМК СИТЕП входят: системы структурного и параметрического технологического проектирования, словари, справочники и базы данных технологических процессов, металлообрабатывающего оборудования, технологической оснастки,

библиотеки параметрических моделей режущего инструмента и станочных приспособлений.

ПМК СИТЕП отличается от российских и зарубежных аналогов возможностью в короткие сроки интегрироваться в информационно-технологическую среду предприятия интуитивно понятным интерфейсом, практически не требующим обучения, сквозной конструкторско-технологической параметризацией, реально освоенной в условиях действующих производств.

ПМК СИТЕП внедрен на нескольких крупных машиностроительных предприятиях, среди которых НПЦ газотурбостроения «Салют», завод экспериментального машиностроения РКК «Энергия», НПО имени И. Румянцева и другие.

Вопросами адаптации машиностроительных производств к существующим задачам многономенклатурного про-

изводства в настоящее время занимается доктор технических наук, профессор В.П. Вороненко. Разработанная им методология проектирования машиностроительных производств на основе системного анализа и синтеза легла в основу методик проектирования основной технологической системы, систем инструментального и метрологического обеспечения, складской и транспортной систем, системы технического обслуживания и системы управления и подготовки производства. Синтез производственной системы производится на основе построения единой системы материальных, энергетических и информационных связей между отдельными подсистемами и их элементами.

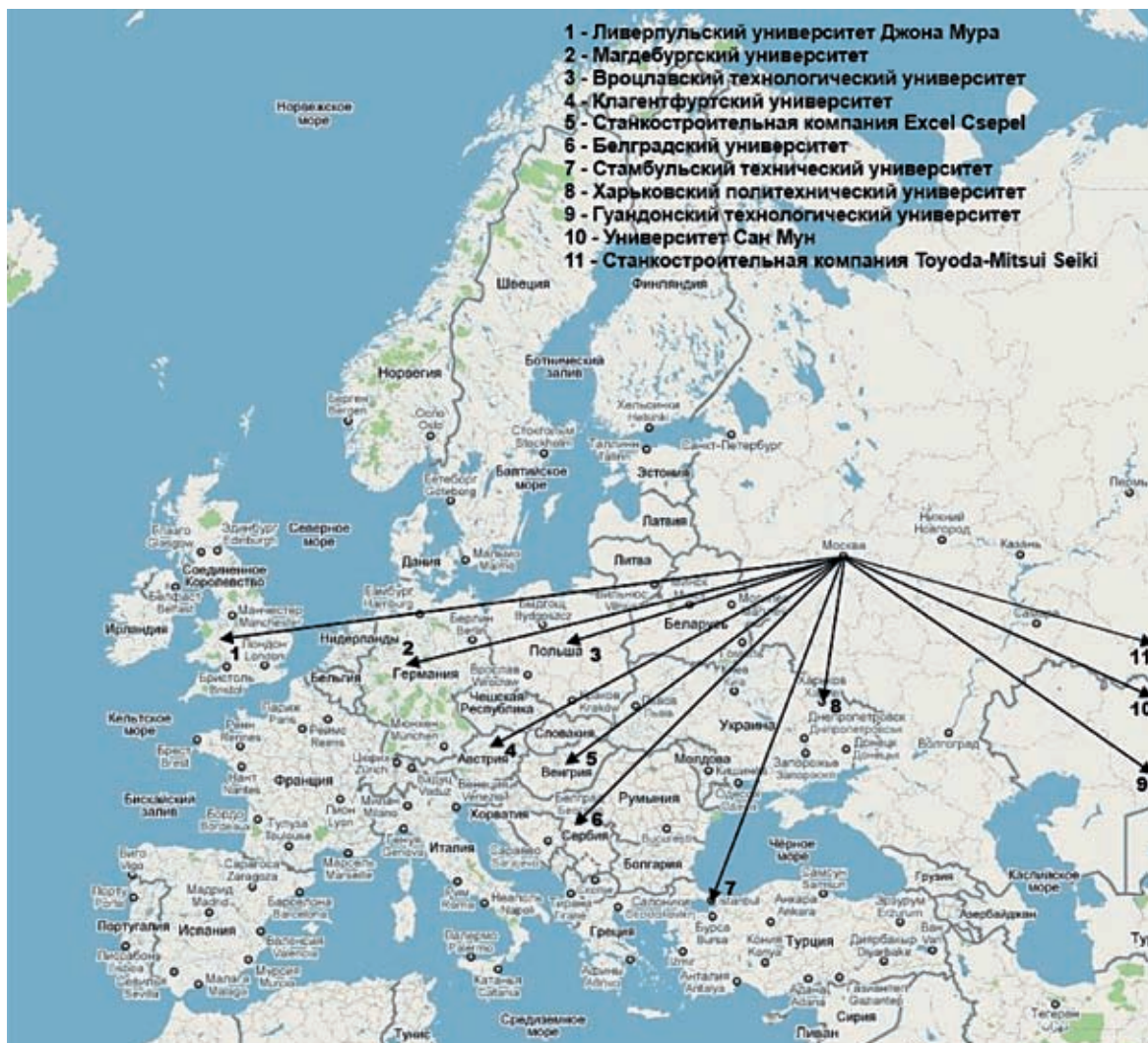
На основе разработанных организационно-технологических основ построения конкурентоспособных предприятий были определены уровни автоматизации и гибкости в структурных подразделениях машиностроительных производств, обеспечивающие требуемое качество и эффективность производственных процессов в многономенклатурном производстве. Разработанные принципы формирования и методы оптимизации материальных потоков на производственных участках легли в основу методики проектирования конкурентоспособных машиностроительных производств.

Структуру и параметры производственной системы предложено выбирать при проектировании в зависимости от сложности и разнообразия конструкций изготавливаемых изделий, объема их выпуска и условий производства, используя модульный подход к построению производственных систем.

Методика и практические рекомендации по проектированию и реконструкции машиностроительного производства внедрены и внедряются на следующих предприятиях: ОАО ММЗ «Знамя»; фирма KORF, ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», ОАО «Гипротяжмаш», ОАО «НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко», ООО «Складские технологии и логистика» и другие.

Большое значение для развития научной школы имеет международное научно-техническое сотрудничество. Необходимо отметить, что основатель школы Б.С. Балакшин пользовался большим авторитетом за рубежом. Ему было присвоено звание почетного доктора-инженера Дрезденского технического университета. В 60-е годы XX века на кафедре было много аспирантов-иностранцев. Успешно защитили кандидатские диссертации посланцы Болгарии, Польши, Венгрии, Германии, Китая, Египта.

В настоящее время развитию международных связей уделяется повышенное внимание. Так, под руководством профессора А.С. Верецаки успешно проводятся научные работы с Магдебургским университетом им. Отто фон Гюрике (Германия). В 2010 году аспирантка кафедры Ю.Н. Прилукова успешно защитила диссертацию в Магдебургском университете. Укрепляются научные контакты с Ливерпульским университетом Джона Мура (Великобритания). Ученые Станкина являются членами программных комитетов конференций, проводимых в университете. Традиционно хорошие научно-технические связи с Польшей, Венгрией, Китаем.



*Международные связи
кафедры «Технология машиностроения»*

На рисунке приведена далеко не полная схема международных научно-технических связей школы.

Идеология научной школы обеспечила высокий уровень подготовки инженеров и научных кадров и причисление кафедры к числу ведущих в области технологии машиностроения. Достижения ученых кафедры высоко отмечены Государственными и други-

ми наградами. Профессор В.А.Тимирязев является лауреатом Ленинской премии, профессор А.С.Верещака — лауреатом Государственной премии СССР в области науки и техники. Профессор А.Н.Овсеенко — лауреат премии Совета Министров СССР в области науки и техники. Профессора А.А.Гусев и А.А.Кутин — почетные деятели науки и техники города Москва.