

УДК 621.002.061.2

О. Н. КАЛАЧЕВ, канд. техн. наук, К. И. ПОРСЕВ, канд. техн. наук  
ФГБОУ ВО ЯГТУ, г. Ярославль  
E-mail: porsevki@ystu.ru

## Кафедре компьютерно-интегрированной технологии машиностроения ФГБОУ ВО ЯГТУ исполняется 50 лет!

Ключевыми задачами конструкторско-технологической подготовки современного машиностроительного производства является разработка конструкторской документации и технологических процессов, проектирование средств технологического оснащения, организация и планирование производственного процесса. В ответ на ходатайство руководителей машиностроительных предприятий г. Ярославля по организации подготовки в г. Ярославле инженеров специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" и на основании приказа Минвуза РСФСР в 1972 г. в Ярославском технологическом институте была открыта кафедра "Технология машиностроения". Подводя итоги полувековой работы кафедры можно с уверенностью сказать, что в условиях дефицита кадров на российских машиностроительных предприятиях, владеющих компьютерным обеспечением конструкторско-технологической подготовки производства, выпускники кафедры "Компьютерно-интегрированная технология машиностроения" — могут и должны реализовать реинжиниринг и техническое перевооружение отечественных предприятий в соответствии с национальными интересами России в XXI в.

The key tasks of the microdesign and technological preparation of modern machine-building production are the development of design documentation and technological processes, the design of technological equipment, the organization and planning of the production process. In response to the petition of the heads of machine-building enterprises in the city of Yaroslavl to organize the training in Yaroslavl of engineers of the specialty "Technology of mechanical engineering, metal-cutting machines and tools" and on the basis of the order of the Ministry of Higher Education of the RSFSR in 1972, the department "Technology of mechanical engineering" was opened at the Yaroslavl Institute of Technology. Summing up the results of half a century of work of the department, it can be said with confidence that in the conditions of a shortage of personnel at Russian engineering enterprises that own computer support for design and technological preparation of production, graduates of the department "Computer-integrated technology of mechanical engineering" can and should implement reengineering and technical re-equipment of domestic enterprises in accordance with the national interests of Russia in the XXI century.

**Ключевые слова:** кафедра компьютерно-интегрированной технологии машиностроения, образование, CAD/CAM/PLM-системы, направление подготовки бакалавриата и магистратуры 15.03.05, 15.04.05

**Key words:** Department of Computer-Integrated Technology of Mechanical Engineering, education, CAD/CAM/PLM systems, undergraduate and graduate programs 15.03.05, 15.04.05

За последнюю четверть века мы стали свидетелями прямо противоположных тенденций в российском машиностроении: с одной стороны, непрерывная оптимизация кадрового состава на предприятиях, с другой — качественное изменение современного производства. Осуществляется реинжиниринг и усиленными темпами продолжается реиндустриализация страны. Промышленные предприятия перешли на компьютерно-интегрированное производство, оснащенное многофункциональным оборудованием с числовым программным управлением (ЧПУ). Применение CAD/CAM/PLM-систем стало привычным инструментом проектирования изделий и технологии их изготовления.

Перечисленные процессы нашли свое отражение в развитии кафедры "Компьютерно-интегрированная технология машиностроения" Ярославского государственного технического университета, которая отмечает в текущем году свое 50-летие. Созданию кафедры "Технология машиностроения" в Ярославском технологическом институте предшествовало ходатайство руководителей машиностроительных предприятий города по организации подготовки в Ярославле инженеров специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". На основании приказа Минвуза РСФСР в 1972 г. в Ярославском технологическом институте на Механическом факультете была открыта кафедра "Технология машиностроения" (ТМС).

Первым заведующим кафедрой был назначен выпускник Ленинградского политехнического института к.т.н., доцент В. Т. Синицын, который успел к тому времени поработать на самом крупном предприятии Ярославля — Ярославском моторном заводе (ЯМЗ). Он возглавлял кафедру на протяжении первых 25 лет ее становления. В этот период было подготовлено более 2200 инженеров-технологов, составивших кадровый костяк машиностроения Ярославля. Из стен кафедры вышли такие известные специалисты ПАО "Автодизель", как директор ЯМЗ, а ныне зам. председателя Гос-

думы Ярославской области Н. Александрычев, главные технологи ПАО "Автодизель": предыдущий — Е. Антропов и нынешний — С. Шустров; зам. технического директора И. Шакиров и директор управления ИТ завода "АГАТ" к.т.н. А. Комиссаров; технический директор ОАО "ЯЗДА" Б. Комичев; директор Ярославского филиала Петербургского государственного университета путей сообщения д.т.н., проф. О. Епархин; директор филиала "АСКОН" А. Родин; известный ярославский предприниматель, председатель Экономического совета области Я. Якушев и многие другие достойные люди.

С конца 70-х годов кафедра располагала электронно-вычислительной машиной (ЭВМ) "Проминь", отдельные преподаватели осваивали программирование технологических расчетов для Минск22м и появившейся в институте ЕС ЭВМ. В 1979 г. в учебный план специальности введена новая дисциплина "Основы автоматизации проектирования". Лабораторный практикум содержал задания по автоматизированному проектированию технологических процессов в системе автоматизированного проектирования (САПР) "ВАЛ" (разработка Института технической кибернетики АН БССР) и моделирование геометрических объектов на языке "Графор" (разработка Института прикладной математики АН СССР) с выводом на кафедральный координатограф КПА-1200. Программные разработки кафедры по оптимизации задачи расчета режима резания были внедрены в 1984 г. на кафедре АМ-3 МВТУ им. Баумана.

В середине депрессивных 90-х годов кафедра первой в ВУЗе внедрила в учебный процесс компьютерное проектирование в системе AutoCAD на персональных ЭВМ. Развитие курса САПР нашло отражение в опубликованном в 1995 г. совместно с коллегами из МГТУ (СТАНКИН) учебного пособия "САПР в технологии машиностроения".

Примеры единичных практик применения компьютерных систем на Ярославских заводах "Инструмент. Форма. Оснастка" (ИФО) и ЯМЗ были восприняты кафедрой как тенденция мирового развития в машиностроении, и в 1996 г.

кафедра предложила новую специализацию — "Компьютерно-интегрированное машиностроение". Инновационным элементом этой специализации стал переход на трехмерное проектирование деталей изделий и моделирование обработки на станках с ЧПУ, отказ от первичности бумажного чертежа. Реализация такого подхода требовала использования компьютерных систем, совмещавших конструирование детали (модуль CAD) и автоматизированную разработку траекторий режущего инструмента для изготовления на станке с ЧПУ (модуль CAM). Объединение этих двух систем "в одном флаконе" CAD/CAM-системы позволяет всем участникам проекта работать с единой цифровой 3D-моделью детали, с "цифровым прототипом" изделия. На Западе такое взаимодействие, прежде всего на этапе подготовки производства, получило название — "компьютерно-интегрированное производство". Оно обеспечивает существенный рост производительности, улучшение качества проектирования и в конечном итоге — повышение конкурентоспособности продукции.

Впервые в ЯПИ на кафедре ТМС в 1996 г. была внедрена в учебный процесс CAD/CAM-система "Cimatron\_it", на приобретение лицензии которой у ООО "Би Питрон" (Санкт-Петербург) ректорат пошел, сознавая важность новой специализации для будущего.

Манифестом нового направления подготовки стала статья в областной газете "Северный край" под амбициозным названием "Чтобы западные инвесторы поняли нас, а мы — их", опубликованная доц. О. Калачевым. Глубинный смысл заголовка в полной мере раскрылся спустя годы, когда российские предприятия стали взаимодействовать с западными партнерами, вынуждавшими осваивать и переводить проектирование на международном уровне признанные западные компьютерные продукты.

В 1997 г. на большинстве ярославских предприятий мало кто представлял CAD/CAM-системы и эффект от их внедрения, и на проведенной по инициативе кафедры под эгидой администрации области презентации CAD/CAM

Cimatron представители предприятий впервые познакомились с новой технологией проектирования. Тогда же родился нынешний логотип кафедры — акроним "ТМС" с крыльями из букв CAD и CAM. За прошедшие годы использование цифровых прототипов стало нормой времени. Но по-прежнему актуальной для многих машиностроительных предприятий остается приобретение кадров, способных реализовать компетенции компьютерной конструкторско-технологической (КТ) подготовки производства на базе цифровых прототипов и в полноценном информационном пространстве посредством CAD/CAM/PDM-систем.

Усилия преподавателей в последующие годы были сосредоточены на методической проработке внедрения CAD/CAM/PLM-систем в учебный процесс применительно к направлению 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", публикации в центральных журналах результатов их освоения.

Научные направления кафедры связаны с компьютеризацией проектирования в рамках хозяйственных договоров. Наиболее значимые:

- в 1990—1991 гг. создание "АРМа конструктора-технолога" на базе СУБД Foxbase для НииШинМаш;

- разработка в 2000—2001 гг. для ПАО "Автодизель" автоматизированной системы расчета технологических размеров GraKON-KON7 на основе графовой модели размерной структуры технологического процесса;

- целевое обследование состояния информационной среды в 2006 г. завода ИФО;

- разработка в 2007 г. пилотного проекта автоматизации КТ подготовки производства на заводе "Ярполимермаш-Татнефть" на базе решений АСКОН.

Все эти сопряжения профессорско-преподавательского состава кафедры с реальными производственными задачами много дали для развития науки и учебного процесса. По результатам создания программы размерных расчетов для ПАО "Автодизель" в 2002 г. была сделана первая на кафедре публикация в жур-

нале "Вестник машиностроения", а также в журнале "САПР и графика".

Получила развития практика привлечения студентов к научно-исследовательской работе (НИР). Так, пилотный проект применения ЛОЦМАН:PLM (АСКОН) командой дипломников на заводе "Ярполимермаш-Татнефть" был отмечен премией на областном конкурсе студенческих научных работ. Дипломный проект Д. Ташлыковой-Калачевой с реинжинирингом КТ подготовки производства на "Ярполимермаш-Татнефть" на основе формализации бизнес-процессов в модуле WorkFlow ЛОЦМАН:PLM" был отмечен на открытом конкурсе НИР вузов РФ 2007 г. медалью "За лучшую научную работу". В том же году была положена традиция представления студенческих НИР кафедры на "Гагаринских чтениях" (МАТИ). По итогам Всероссийского конкурса на лучшую выпускную квалификационную работу ВКР 2011 г. студентов вузов РФ по специальностям "Металлообрабатывающие станки и комплексы", "Инструментальные системы машиностроительных производств", по направлениям (бакалавр, магистр) 150900.62 и 150900.68 в разделе "Дипломные работы" студент А. Карулинс ВКР на тему: "Компьютерно-интегрированная конструкторско-технологическая подготовка производства детали с использованием CAD/CAM/PLM-систем SIEMENS" разделил Диплом I степени с выпускником МГТУ им. Баумана, а Н. Богоявленский награжден Грамотой за работу: "Исследование и моделирование размерных изменений заготовки на электронном чертеже в среде AutoCAD".

В 2012 г. по инициативе кафедры университет заключил соглашение о стратегическом партнерстве с компанией Autodesk — одним из мировых лидеров в области разработки прикладных САПР для машиностроения, строительства, архитектуры, и в ЯГТУ был создан Образовательный Центр Autodesk для освоения и обучения созданию цифровых прототипов изделий в Inventor Professional, AutoCAD и др.

Открытие в 2012 г. Центра CAD/CAM/PLM-технологий, призванного вести подготовку кад-

ров-пользователей мировых компьютерных систем, позволило магистрантам кафедры выполнять ряд ВКР, посвященные комплексному применению CAD/CAM/PLM-систем на лицензионном программном обеспечении (ПО) компаний PTC (Pro/Engineer), Siemens PLM Software (NX), АСКОН (Вертикаль и ЛОЦМАН). В этом году дипломник С. Щапин стал победителем ежегодного Конкурса НИРС высших учебных заведений Ярославской области в номинации "Технические науки" с ВКР на тему "Компьютерно-интегрированная конструкторско-технологическая подготовка литейной оснастки в CAD/CAM CimatronE".

В 2013 г. проект цифрового прототипа импульсного вариатора дипломника Е. Емельянова в CADInventorAutodesk был удостоен Диплома 2 степени на конкурсе Autodesk в России, а в 2014 г. группой дипломников по заданию "Центра перспективных технологий и аппаратуры" (Москва) выполнен проект цифрового прототипа валкового пресса, отраженный в публикации журнала "Сборка в машиностроении".

За пять лет своего существования в Центре CAD/CAM-технологий и в Образовательном Центре Autodesk проведено обучение двух групп преподавателей базовым системам университета: AutoCAD и Inventor, программированию для станков с ЧПУ, а также платное обучение и повышение квалификации по этим направлениям 12-ти групп студентов и специалистов предприятий объемом более 700 тыс. руб.

Отражая сформированную направленность учебного процесса на реализацию парадигмы цифрового прототипирования в 2013 г. кафедра перешла на программу двухуровневой подготовки по профилю "Компьютерно-интегрированное машиностроение" (КИМ), направление "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", и сменила название на "КИ ТМС". Выпускник кафедры — бакалавр способен обеспечить в CAD/CAM-системах конструкторско-технологическую подготовку производства на современных обрабатывающих центрах, оснащенных ЧПУ и роботизированной инструменталь-

ной оснасткой. Выпускник-магистр овладевает компетенциями, необходимыми для внедрения инновационных решений, обеспечивающих конкурентоспособность отечественного машиностроения на основе использования компьютерных технологий. С 2009 г. к настоящему времени на кафедре подготовлено 33 магистров.

Благодаря всесторонней компьютерной подготовке выпускники кафедры КИ ТМС способны в рыночной структуре быстро адаптироваться к различной производственной среде, включая как небольшие фирмы, так и современные машиностроительные предприятия и проектные организации, работая в качестве инженера-технолога, инженера по автоматизации, механика, конструктора, исследователя, руководителя предприятия малого бизнеса.

В 2014 г. году при кафедре открыто малое инновационное предприятие (МИП) "АйТиТехмаш", которое при участии студентов выполняет хозяйственно договорные работы с заводами РОМЗ, "Пролетарская Свобода", "Автодизель" по формированию электронных баз данных, оцифровке и созданию конструкторско-технологической документации с применением CAD/CAM/PLM-систем. В 2018 г. интересные ВКР по результатам этих договоров были сделаны студентами И. Кучумовым (литейная оснастка ростовского оптико-механического завода) и И. Дресвяниным (методика конструкторско-технологической подготовки производства в PDM ЛОЦМАН). Суммарный объем выполненных работ превысил 1 млн руб.

По заданию ректората на кафедре в 2012 г. прорабатывался проект создания инновационного Центра прототипирования ЯГТУ, нацеленного на применение аддитивных технологий получения макетов изделий послойным выращиванием с заданной точностью.

Внедрение на кафедре аддитивных технологий началось весной 2016 г., когда благодаря спонсорам на кафедре появился первый 3D-принтер и были выполнены первые ВКР на его основе. Одновременно от спонсоров кафедра получила современный настольный

станок с ЧПУ, который существенно расширил представление о связи САД-модели и УП для изготовления детали. Набор приобретенного оборудования позволил осенью 2017 г. открыть новую кафедральную лабораторию "Цифрового и быстрого прототипирования", для выполнения ВКР бакалавриата и подготовки магистрантов.

В ходе развития магистерской учебной программы поколения ФГОС 3+ профиля "Компьютерно-интегрированное машиностроение" на кафедре были введены новые дисциплины, такие как "Быстрое прототипирование функциональных моделей", "Компьютерно-графическое моделирование литейной оснастки", "MES-технологии в машиностроительном производстве", и привлекли к их проведению "внешних" преподавателей топ-специалистов из промышленности, большинство из которых — выпускники-магистры кафедры.

Большое внимание на кафедре уделяется подготовке учебно-методического обеспечения учебного процесса: накануне аккредитации опубликовано 7 методических указаний, несколько статей в центральной печати, развивающих парадигму цифрового проектирования, как инновационного направления развития технического университета. Важным методическим ресурсом стало содержание кафедральной веб-страницы <http://tms.ystu.ru>, которой в этом году исполняется 19 лет. Благодаря ее методическому наполнению удалось разрешить вопросы в ходе аккредитации о наличии актуальных материалов УМК. Все эти подготовительные мероприятия и проведенная напряженная кампания по подготовке УМК позволили с минимальным числом замечаний пройти очный этап аккредитации кафедральных образовательных программ в 2017 г.

Важным элементом учебного процесса на кафедре является активное привлечение студентов к научной работе с использованием специализированных компьютерных систем в рамках биржи студенческих проектов, когда студент привлекается к исследовательской работе сверх учебной программы для решения

кейсов, предложенных предприятиями. Такая работа ведется и на задачах сайта "Профстажировка". Выступления наших студентов, в том числе по результатам профстажировки, стали традиционными для молодежной конференции ПАО "Автодизель". В 2018 г. управляющий директор ПАО "Автодизель" А. А. Матюшин вручил Диплом за 1 место студенту-дипломнику А. Жарову, а магистрант А. Четверикова впервые в истории кафедры выступила на конференции Группы ГАЗ в Нижнем Новгороде и получила Диплом за 3 место в номинации "Инженерные проекты". Ее исследование посвящено цифровому и быстрому прототипированию в CAD/CAM-системе литьевой оснастки для изготовления модели советского истребителя МиГ-15.

Впервые темой ВКР в рамках университетской Биржи проектов была поставлена задача модернизации материальной базы учебного процесса путем превращения координатографа в станок с ЧПУ, а также — проектирования и изготовления нового фрезерного станка с ЧПУ. Приобретение комплектующих финансировалось МИПом кафедры. В 2019 г. на научно-технической конференции группы ГАЗ в Нижнем Новгороде дипломники А. Бычков и В. Белавин заняли 1 место с проектом цифрового прототипа и модернизации станка с ЧПУ "АйТиТехмаш-1".

В 2021 г. бакалавры кафедры И. Поздняков и К. Малашин снова победили на научно-технической конференции ПАО "Автодизель" с ВКР по реверс-инжинирингу, выполненной на кафедральном 3D-принтере и модернизированном на средства МИП компьютере. В 2021 г.

году магистрант кафедры А. Крючок удостоена диплома по результатам удаленного выступления на научно-технической конференции группы ГАЗ в Нижнем Новгороде, где она заняла 2 место в секции "Инженерный проект", а ее магистерская ВКР на тему "Исследование вопросов конструкторско-технологической подготовки производства секторной пресс-формы покрышки в системе Siemens NX" заняла первое место на Всероссийском конкурсе "Наука 3.5. Развитие" в номинации "Студент".

Юбилей кафедры компьютерно-интегрированной технологии машиностроения — возможность для ректората и коллектива преподавателей привлечь внимание представителей машиностроительных предприятий и бизнеса к проблемам совершенствования учебного процесса и его материальной базы в соответствии с требованиями времени по оснащению современного технического университета.

Подводя итоги полувековой работы двух поколений преподавателей кафедры можно с уверенностью сказать, что в условиях дефицита на российских предприятиях современных кадров, владеющих компьютерным обеспечением конструкторско-технологической подготовки производства, выпускники кафедры компьютерно-интегрированной технологии машиностроения — бакалавры и магистры, освоившие передовые компьютерные и аддитивные технологии быстрого прототипирования, могут и должны реализовать реинжиниринг и техническое перевооружение отечественных предприятий в соответствии с национальными интересами России в XXI в.

**Издательский центр "Технология машиностроения"**

127322, Москва, ул. Яблочкова, д. 31

Сдано в набор 18.04.2022. Подписано в печать 28.05.2022. Формат 60×84 1/8. Бумага мел. имп. Печать офсетная.

Усл.-печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 11,35. Заказ 6/22.

Отпечатано в типографии издательства "Фолиум", 127411, Москва, Дмитровское ш., 157, тел.: (499) 258 0828.

**Подписные индексы журнала "Технология машиностроения":**

**27869** Объединенный каталог "Пресса России"

**79494** Каталог "Агентство "Урал-Пресс"

**P2081** Каталог "Почта России "Подписные издания"