

## Подготовка нового поколения машиностроителей для цифровой экономики

**Поляков Александр Николаевич** – д-р тех. наук, проф., завкафедрой машиностроения, металлорежущих станков и комплексов. E-mail: [anp\\_temos@mail.ru](mailto:anp_temos@mail.ru)

**Белоновская Изабелла Давидовна** – д-р пед. наук, проф. E-mail: [t251589@mail.ru](mailto:t251589@mail.ru)

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Адрес: 460018, г. Оренбург, проспект Победы, 132

***Аннотация.** В развитии отечественного машиностроения наступил этап системного внедрения цифровых технологий. Целью статьи является представление опыта выпускающей кафедры в формировании востребованных в цифровом машиностроении компетенций будущего инженера. Здесь реализованы методы обучения, соответствующие базовым элементам национальной технологической инициативы, таким как цифровое моделирование, мехатроника, аддитивные технологии, искусственный интеллект в системах управления. Цифровое моделирование осваивается студентами на основе проектного подхода в сквозном курсе 3D-моделирования при решении конструкторских задач нарастающей сложности. Мехатронные модули изучаются и проектируются в учебном процессе как востребованные работодателями инженерные компетенции. Аддитивные технологии осваиваются в лаборатории быстрого прототипирования; метод обучения сочетает командное создание электронных моделей, получение прототипа изделия, представление результата на студенческих профессионально-ориентированных конкурсах. Раскрыты новые виды профориентационной работы: научно-популярные лекции, экскурсии и практика на высокотехнологичном оборудовании. Определены перспективы развития подготовки нового поколения машиностроителей в условиях цифровой экономики: внедрение высокотехнологичных средств обучения и действующего производственного оборудования, реализация опыта иммерсивных сред, геймификация обучения и т.п. – для формирования у студентов компетенций, обеспечивающих комплексные умения деятельности в условиях виртуальных производственных корпораций.*

***Ключевые слова:** цифровая экономика, инженерное образование, цифровое машиностроение, проектный подход в обучении, цифровое моделирование, мехатроника, аддитивные технологии, искусственный интеллект, цифровые компетенции*

***Для цитирования:** Поляков А.Н., Белоновская И.Д. Подготовка нового поколения машиностроителей для цифровой экономики // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 7. С. 150–159.*

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-7-150-159>

### Введение

Вектор современного развития России ориентирован на цифровую экономику как основу обеспечения национальной технологической независимости [1; 2]. В условиях массовой цифровизации отечественное инженерное образование кардинально меняет традиционные подходы к обучению, университеты актуализируют «пространство воз-

можного», осуществляя в регионах проекты национальной технологической инициативы [3]. Машиностроительный комплекс области представлен более чем 60 крупными и средними предприятиями. Однако доля продукции этой отрасли в общем объеме промышленного производства снижается и составляет только 4,5%. Проводимая в регионе промышленная политика направлена на

увеличение выпуска предприятиями машиностроения готовой продукции. Конкурентоспособность таких изделий определяется внедрением инновационных технологий и оборудования, соответствующих требованиям цифровой экономики. В этой связи в данной статье мы представляем деятельность кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов (ТММСК) в подготовке нового поколения машиностроителей, ориентированного на успешную деятельность в условиях цифровой экономики.

В ближайшее время вузу необходимо создать условия для воспитания инженеров, которые будут не только владеть цифровыми компетенциями, но и смогут самостоятельно определять их производственные приложения, приобретут профессиональную ментальность инженера высокотехнологичной отрасли. «Цифровое машиностроение» подразумевает создание информационных (электронных) моделей высокотехнологичного производства, охватывающих основные направления перспективных производственных технологий, новых материалов и информационно-коммуникационного обеспечения, включает в себя информацию обо всех процессах, протекающих на производстве, а также весь объём информации об этапах жизненного цикла изделия (конструкторские и технологические данные; производственные данные и данные о качестве; логистические данные; эксплуатационные данные; экономические данные) [4].

Модели обучения будущих машиностроителей для работы в условиях «цифрового машиностроения» ориентированы на технологическую подготовку, которая осуществляется в единой виртуальной среде с помощью инструментов планирования, проверки и моделирования производственных процессов на основе цифровых инструментов [5]. Исследованиями в области инженерной педагогики [6] доказано, что успешное формирование профессиональных компетенций у студентов технических вузов представляет

собой функционал от инновационных методов, методов, технологий и технических средств обучения, компетенций профессорско-преподавательского состава и эффективности работы кафедры как основного структурного подразделения университета, а также от личностных свойств обучающихся [7; 8]. В этой связи цифровизация не только декларируется вузом как образовательная парадигма нового времени [9], но и становится основой жизнедеятельности выпускающей кафедры университета, пронизывая её учебное, методическое, материально-технологическое, научно-исследовательское обеспечение.

Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов имеет давние традиции инновационной образовательной деятельности в подготовке будущих машиностроителей, являлась правопреемником одной из первых инженерных кафедр вуза. Оренбургский государственный университет начинал образовательную деятельность с технических специальностей в статусе филиала Куйбышевского политехнического института им. В.В. Куйбышева (1955 г.). Ориентиром в развитии машиностроительного направления стали такие крупные предприятия Оренбургской области, как Оренбургский машиностроительный завод (завод № 47, ныне ОА «ПО «Стрела»»), Орский машиностроительный завод, Южуралмаш (ныне АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ»). В требованиях к выпускникам-инженерам тех лет, разумеется, не указывались цифровые компетенции, но тенденция к информатизации образовательного процесса всегда была отличительной чертой кафедры; она проявлялась в создании компьютерных классов, в оснащении актуальным станочным оборудованием, в разработке, использовании или адаптации разнообразных программно-методических комплексов конструкторско-технологического назначения. Директор филиала профессор П.А. Юдковский был и первым заведующим кафедрой технологии машино-

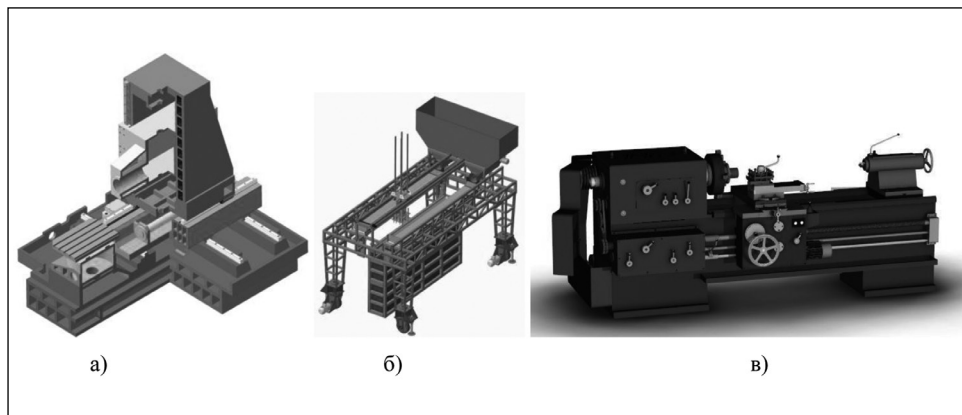
строения, резания, станков и инструментов. Кафедра преобразовывалась, меняла название, но, по сути, сохранила своё направление и во многом способствовала укреплению кадрового потенциала машиностроительных предприятий региона. Деятельность кафедры в значительной степени сформировала и сегодняшний коллектив преподавателей кафедры ТММСК Аэрокосмического института. С 2010 г. она осуществляет подготовку магистров, с 2011 г. – подготовку бакалавров, а с 2015 г. реализует образовательную программу подготовки кадров высшей квалификации.

Сегодня на кафедре ТММСК реализуются два направления подготовки бакалавров (15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.06 Мехатроника и робототехника), магистерская программа «Технология машиностроения» по направлению 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и образовательная программа подготовки кадров высшей квалификации по направлению 15.06.01 Машиностроение по направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

В 2014 г. была начата работа над реализацией Национальной технологической инициативы (НТИ) – государственной программы мер по поддержке развития в стране перспективных отраслей. Сегодня она получила вполне реальные очертания, и вуз может чётко определить в ней своё место. Анализ матрицы НТИ показал, что можно выделить четыре технологии: 1) *цифровое моделирование*, 2) *аддитивные технологии*, 3) *мехатроника* и 4) *искусственный интеллект в системах управления*, которые соответствуют концепции цифрового машиностроения. Соответствующие дисциплины на разных уровнях преподаются сотрудниками кафедры.

**Цифровое моделирование.** Электронные модели промышленных технологий и объектов производства уже более полувека рас-

сматриваются как основа комплексной автоматизации, но до полного внедрения идей компьютерного интегрированного производства (Computer Integrated Manufacturing) на основе взаимодействия исследователей, проектантов, конструкторов, технологов, производителей и плановых служб в отечественном машиностроении ещё далеко. Для того чтобы обучающиеся освоили навыки цифрового моделирования, в вариативной части учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств была введена дисциплина «Программное обеспечение автоматизированного проектирования» (8 зачётных единиц). Сквозной характер преподавания дисциплины (в течение трёх семестров на втором и третьем курсах) позволил внедрить и последовательно реализовать в цифровом формате педагогическую проект-технологию на материале создания 3D-модели детали. В качестве оценочных средств промежуточного контроля знаний в каждом семестре было предусмотрено индивидуальное задание нарастающей сложности. Например, в третьем семестре оно включало выполнение электронного чертежа корпусной детали средствами AutoCAD. Исходными данными для выполнения задания являются чертежи деталей указанного типа. В следующем семестре целью является формирование геометрической 3D-модели детали и подготовка на её основе ассоциативных чертежей в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. Исходными данными для выполнения задания являются рабочие чертежи деталей произвольной геометрической формы, предварительно выданные обучающимся для последующего курсового проектирования по дисциплине «Технология машиностроения». В пятом семестре целью является формирование геометрической 3D-модели корпусной детали, размеры которой заданы параметрическими рядами в среде CAD-системы Autodesk Inventor.



а – 3D-модель фрагмента несущей системы многоосевого станка;  
б – 3D-модель автоматизированной установки для формования арболитовых плит  
в – 3D-модель универсального токарного станка

Рис. 1. Студенческие проекты в области цифрового машиностроения

Для формирования цифровых компетенций инженера, подготовленного к решению сложных технических задач в условиях высокотехнологичного производства, в учебных планах подготовки бакалавров предусмотрены ещё ряд дисциплин, связанных с реализацией проектных работ и выполняемых с использованием автоматизированных систем проектирования. На *рисунке 1* приведены проекты, разработанные студентами, обучающимися по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Важнейший элемент обучения – самостоятельная работа, которая обеспечивает формирование компетенций саморазвития как залога дальнейшего совершенствования выпускника в контексте деятельности в условиях цифрового производства. Задачи самостоятельной работы студента в цифровом образовании со временем меняются. Если несколько лет назад наибольшую сложность представляла организация интерактивного удалённого взаимодействия «преподаватель – студент» для проведения консультаций, то в настоящее время всё большее внимание уделяется компетенциям тайм-менеджмента и самоменеджмента студента

в цифровой среде, организации информационного поиска и воспитанию критического отношения к потоку информации [10].

Отметим синергичные эффекты, возникающие при синтезе самостоятельной творческой и соревновательной деятельности студентов. Всё большей популярностью у студентов пользуется международный молодёжный конкурс «Будущие асы цифрового машиностроения», который проводится компанией АСКОН, что говорит о растущем интересе молодёжи к цифровым технологиям в инженерном деле. Нашей кафедрой на данный конкурс в номинации «3D-проектирование. Студенческие проекты» была представлена работа «Токарно-винторезный станок модели 1М63» (рис. 1, в), которая по итогам конкурса была признана победителем. Успех позволил расширить практику участия в дистанционных профессионально-ориентированных состязаниях в сфере цифрового моделирования, способствовал мотивации студентов к преодолению трудоёмких этапов изучения моделирования.

**Мехатроника и аддитивные технологии.** С 2012 г. кафедра ТММСК начала подготовку бакалавров по направлению 15.03.06 Мехатроника и робототехника, вы-

пускники которого ориентируются на проектно-конструкторскую профессиональную деятельность. Подготовка бакалавров по новому направлению явилась ответом на запросы стейкхолдеров – работодателей Оренбургской области, а также Республики Башкортостан и Республики Казахстан, где на производстве всё более активно внедряются цифровые технологии. Следует отметить, что поликультурное образовательное пространство учебных групп способствует накоплению позитивного опыта профессионально-ориентированных цифровых коммуникаций, создаёт устойчивые профессиональные и личные связи, необходимые в дальнейшей сетевой профессиональной деятельности выпускников на территории различных государств.

Интерактивные формы обучения предполагают активное вовлечение обучающихся в командную профессионально-ориентированную деятельность. Значимым стал опыт участия команды студентов кафедры во все-российских соревнованиях по проектированию и прототипированию робототехники в Екатеринбурге. Успех команды связан с наличием кафедральной лаборатории быстрого прототипирования, где студенты совершенствуют цифровые компетенции, создавая электронные и твердотельные аналоги изделия. Работа лаборатории близка к принципам популярного молодёжного движения «мейкеров» (от англ. *maker* – создатель, творец) – «технических энтузиастов». Отличие от известных кружков технического творчества состоит в инновационной направленности и высокой компьютерной и технической оснащённости фанлаба (англ. *fabrication laboratory*) – небольшой мастерской, предлагающей участникам возможность изготавливать необходимые им детали на станках с числовым программным управлением или методами прототипирования с использованием 3D-принтеров. Методики, разработанные преподавателями кафедры, были обобщены в методическом ресурсе [11]. Выезд на соревнования, главным организатором которых вы-

ступил Уфимский государственный авиационный технический университет при участии Союза машиностроителей России и Федерального агентства по делам молодёжи, стал ещё одним опытом комбинированного развития востребованных компетенций цифровой экономики: профессиональной мобильности, навыков командной работы и проектной деятельности, способностей к межкультурной коммуникации. В рамках соревнования 16 команд из восьми регионов страны, включая Москву и Санкт-Петербург, работали над индивидуальным творческим заданием: конструировали в CAD-системе, занимались прочностными расчётами моделей в CAE-системе, печатали на 3D-принтерах модели исходных деталей, разрабатывали управляющую программу для роботов, печатали детали схватов для роботов, тестировали управляющие программы. Наша команда заняла третье место, уступив командам из Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина и Иркутского авиационного завода (корпорация «Иркут»). Отметим, что такой опыт позволяет создавать и культивировать новые статусы и роли преподавателя в цифровом образовании. Преподаватель, выступив в качестве «играющего тренера» команды, стал для студентов признанным авторитетом в вопросах цифрового проектирования и моделирования.

Принципиально важным мы считаем не только формальное («на оценку») освоение студентом цифровых компетенций инженерного дела, но и осознанный интерес к их практическому применению, динамичный процесс становления образа «Я – профессионал» в условиях цифрового машиностроения. В этом контексте определённое значение имеет научно-исследовательская и научно-методическая работа преподавателя. К ней, в частности, следует отнести установление в программах и учебных планах содержания цифровых компетенций, дифференциация их по составляющим «знать, уметь, владеть» [12]. Основой этой деятельности является

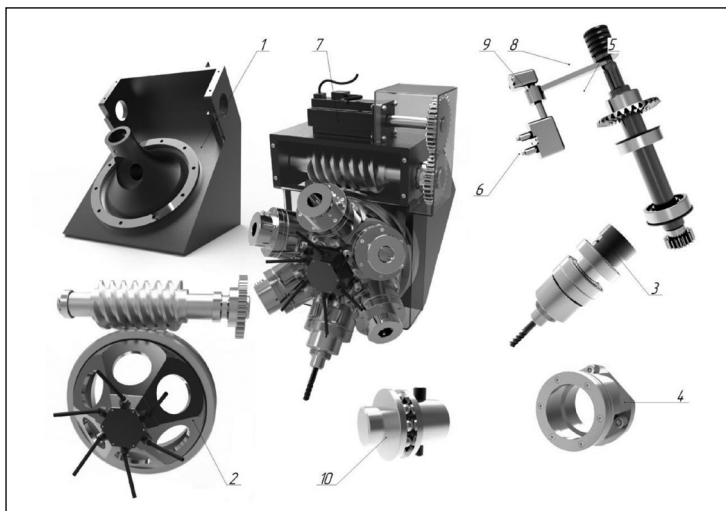


Рис. 2. Фрагмент мехатронного модуля выпускной квалификационной работы студента кафедры ТММСК Д.С. Мищенко

опыт работы со студентами на различных видах занятий: лекциях, практиках, проектах. Дискуссионным остаётся вопрос о том, каким образом формулировать содержание компетенции до начала реализации образовательной программы. Вероятно, требуется опережающее проектирование методической документации. На *рисунке 2* в качестве иллюстрации уровня подготовки бакалавров по данному направлению приведён фрагмент 3D-моделирования мехатронного модуля из выпускной квалификационной работы студента (руководитель – доцент И.П. Никитина). Уровень выполненной ВКР позволил её разработчику принять участие во всероссийском конкурсе выпускных квалификационных работ, по итогам которого ВКР без доработок была размещена в электронно-библиотечной системе IPRbooks.

**Искусственный интеллект в системах управления.** Важнейшим фактором эффективности образовательного процесса является его связь с научной работой кафедры. Следует отметить, что научно-исследовательская работа студентов в условиях цифрового образования приобретает новые формы. На эту тему мы провели ряд опросов среди преподавателей и студентов. Оказа-

лось, что студентов волнуют не только вопросы организационного и материального порядка; наибольшее влияние на стремление к участию в НИРС оказывает перспективность дальнейшего использования её результатов. Поэтому исследования в области цифрового машиностроения являются у студентов весьма популярными.

Учёные кафедры ТММСК последние пятнадцать лет проводят исследования в актуальной области – тепловые деформации станков. Отличительной особенностью этого направления является его полная цифровизация на основе методов и алгоритмов искусственного интеллекта в системах управления. В рамках этого направления на кафедре были защищены одна докторская и четыре кандидатские диссертации. С 2006 по 2008 гг. на кафедре проводились исследования в области нейросетевых технологий. Сегодня изучение способов применения технологий искусственного интеллекта к управлению станочными системами возобновилось, проведён большой объём экспериментальных работ, создан базовый модуль системы управления [13; 14].

Все научные разработки кафедры используются в различных формах в учебном про-

цессе. Первоначально проходит апробация в группах аспирантов и магистрантов, затем в упрощённом виде научные разработки переходят в учебный процесс бакалавриата. Такого рода исследования могут стать основой магистерской диссертации, а также темой исследовательской части ВКР бакалавра. Также они вполне обоснованно станут контекстом обучения профессиональному взаимодействию в производственных структурах по принципу CDIO («Conceive – Design – Implement – Operate»; «Придумывай – Разрабатывай – Внедряй – Управляй»).

Новым направлением работы кафедры стало обращение к проблемам формирования компетенции *технологическое предпринимательство в цифровом машиностроении*. Как требование современного регионального развития, данная компетенция представляет собой способность выпускника участвовать в создании нового бизнеса, в основу устойчивого конкурентного преимущества которого положена инновационная и наукоёмкая идея технологического характера. Потенциальными технологическими предпринимателями выступают не менеджеры и экономисты, а инженерно-технические и научно-технические кадры, которые, собственно, и определяют инновационные идеи производства. Региональные проблемы технологического предпринимательства вызваны как отсутствием потенциальных инвесторов (бизнес-ангелов), так и недостаточной подготовленностью будущих предпринимателей к реализации стартапа. В этой связи образовательные программы подготовки магистратуры включают учебный курс «Технологическое предпринимательство в машиностроении». Анализ предпринимательской деятельности в сфере инновационных производств потребовал включения таких разделов, как «Менеджмент высоких технологий. Конструкторско-технологическая подготовка наукоёмкого и опытного производства», «Риски инновационного развития и способы управления производственными рисками. Технологии прототипирования в оценке и управлении производ-

ственными рисками», «Этапы технологического предпринимательства. Стартап и его организационные формы», «Бизнес-план как основа реализации предпринимательской идеи», «Организационно-управленческие и организационно-технологические инновации на примере Lean management», «Командное взаимодействие и лидерство в технологическом предпринимательстве». В программу курса вошла тема цифровизации оценки инновационного потенциала предприятия с использованием таких инструментов, как GAP-анализ, SCORE-анализ, SMART-анализ, матрица заинтересованных сторон Фридмана, модель чёрного ящика, модель цепочки ценности Портера, PEST-анализ, 4P-анализ, SNW-анализ, матрица BCG и др. Существенным дополнением стали игровые технологии командообразования [15].

### Профориентационная работа кафедры

Среди различных профориентационных видов деятельности кафедры наиболее эффективными и одновременно самыми ответственными являются ознакомительные экскурсии в лаборатории кафедры. Такие экскурсии проходят как по взаимной договорённости между учебными заведениями, так и по инициативе одной из сторон. Следует отметить, что после дооснащения кафедры двумя современными высокопроизводительными станками HAAS график проведения таких экскурсий стал более плотным. В отдельные периоды кафедра проводила по две-три экскурсии в неделю. Такой вид профориентации оказался результативным: на первый курс поступили абитуриенты с высокими средними баллами ЕГЭ. По договорённости с образовательными учреждениями учащиеся гимназий и школ в летний период проходят на кафедре практику для получения первичных навыков эксплуатации высокотехнологичного оборудования.

Представленный в статье опыт подготовки нового поколения инженеров, обладающих цифровыми компетенциями отражён в разнообразных научно-методических ре-

сурсах университета. Он стал основой обновлённых рабочих программ учебных дисциплин, модернизации фонда оценочных средств. При этом профессорско-преподавательский состав объективно оценивает возможности движения вперёд. Они заключаются в освоении роли преподавателя-исследователя, в реализации инновационных профессионально-ориентированных технологий с использованием высокотехнологичных средств обучения и действующего производственного оборудования, опыта иммерсивных сред, геймификации обучения, способствующих формированию у студентов компетенций, обеспечивающих успешную деятельность в условиях виртуальных производственных корпораций.

### Литература

1. Материалы заседания Совета по стратегическому развитию и приоритетным проектам. URL: <http://политикапрезидента.рф/zasedanie-soveta-po-strategicheskomu-razvitiyu-i-prioritetnym-proektam>
2. Индикаторы инновационной деятельности 2018: статистический сборник / Н.В. Городникова, А.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом НИУ ВШЭ, 2018. 344 с.
3. Национальная технологическая инициатива // Агентство стратегических инициатив. URL: <http://asi.ru/nti/>
4. Волостнов Б.И. Цифровое машиностроение: принципы создания и перспективы развития интеллектуальных производств // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2018. № 1. С. 4–37.
5. Zafoschnig A. Smart Ideas for Engineers – the Impact of Emerging Technologies on Modern Engineering Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2018. Vol. 27, no. 6, pp. 66–70.
6. Иванов В.Г., Сазонова З.С., Сапунов М.Б. Инженерная педагогика: попытка типологии // Высшее образование в России. 2017. № 8–9 (215). С. 32–42.
7. Kargapolitseva N.A., Kargapolitsev S.M., Dneprov S.A., Gajazova G.A., Ilkevich B.V., Goncharuk A.Ju. Organizational and pedagogical conditions of professional development of employees of education // *Man in India*. 2017. No. 97 (14). P. 129–139.
8. Воробьев А.Е., Мурзаева А.К. Роль кафедр в управлении инновациями в образовательном процессе // Педагогическое образование в России. 2017. № 10. С. 17–22.
9. Барабанова С.В., Кайбияйнен А.А., Крайсман Н.В. Цифровизация инженерного образования в глобальном контексте (обзор международных конференций) // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 1. С. 94–103.
10. Belonovskaya I.D., Kryukova N.I., Zakharova A.N., Dulina G.S., Yusupova Z.F., Bogdanova J.N. Didactic features of pedagogical interaction as the basis of university education // *Man in India*. 2017. Vol. 97. No. 3. P. 29–41.
11. Белоновская И.Д., Сердюк А.И., Езерская Е.М., Романенко К.С. Аддитивные технологии в целевом обучении студентов инженерно-технических направлений подготовки: учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2018. 116 с.
12. Shukhman A., Belonovskaya I., Anischenko V., Barsukova D., Khomyakova N. Approaches to training of engineering program students for innovative activity // *Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2015*. P. 950–952.
13. Polyakov A.N., Goncharov A.N. and Kamenev S.V. Assessing the temperature error in operational machine tools // *Russian Engineering Research*. 2018. Vol. 38. № 5. Pp. 408–410.
14. Parfenov I.V., Polyakov A.N. Experimental research of kinetic and dynamic characteristics of temperature movements of machines // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2018. Vol. 327. Pp. 042076. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/4/042076>
15. Белоновская И.Д., Сердюк А.И., Езерская Е.М. Технологии командного взаимодействия в учебно-производственной деятельности студентов инженерно-технических направлений подготовки: учебное пособие / Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2018. 157 с.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Оренбургской области в рамках научного проекта № 19-48-560001

Статья поступила в редакцию 05.06.19  
Принята к публикации 20.06.19



## Training a New Generation of Engineers for Digital Economy

*Alexander N. Polyakov* – Dr. Sci. (Engineering), Prof., Head of the Department of mechanical engineering, metal-cutting machines and complexes, e-mail: anp\_temos@mail.ru

*Isabella D. Belonovskaya* – Dr. Sci. (Education), Prof., e-mail: t251589@mail.ru

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Address: 13, Prospekt Pobedy, Orenburg, 460018, Russian Federation

**Abstract.** The domestic engineering industry is going through the stage of system introduction of digital technologies. The purpose of article is to present an experience of the department in the formation of the competences of a future engineer demanded in digital mechanical engineering. The department implements training methods corresponding to basic elements of a national technological initiative matrix such as digital modeling, mechatronics, additive technologies, artificial intelligence in control systems. Students master digital modeling in the end-to-end course of 3D modeling when dealing with design tasks of increasing complexity requiring the synthesis of independent, creative and competitive activities of students. Mechatronic modules are studied and designed in the educational process as the engineering competences demanded by employers. Additive technologies are studied at a laboratory of fast prototyping; the method of training combines team creation of electronic models, receiving a prototype of a product, and presentation of a result at student's professionally focused competitions. Systems of artificial intelligence define the content of research work in interaction "student – teacher". The new types of career-guidance work such as popular scientific lectures, excursions and practical work on the hi-tech equipment are highlighted. The authors also dwell on the prospects of training a new generation of mechanics in the conditions of the coming digital economy: the introduction of high-tech teaching aids, the implementation of the experience of immersive environments, gamification of training, the development of competences providing comprehensive skills for servicing virtual production corporations and intelligent devices.

**Keywords:** digital economy, engineering education, digital mechanical engineering, digital modeling, mechatronics, additive technologies, artificial intelligence, digital competences

**Cite as:** Polyakov, A.N., Belonovskaya, I.D. (2019). Training a New Generation of Engineers for a Digital Economy. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 7, pp. 150–159. (In Russ., abstract in Eng.)

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-7-150-159>

## References

1. *Materialy zasedaniya Soveta po strategicheskomu razvitiyu i prioritnym proektam* (2019). [Materials of the Council on Strategic Development and Priority Projects Meeting]. Available at: <http://политикапрезидента.рф/zasedanie-soveta-po-strategicheskomu-razvitiyu-i-prioritnym-proektam> (In Russ.)
2. Gorodnikova, N.V., Gokhberg, L.M. (2018). *Indikatory innovatsionnoi deyatel'nosti 2018: statisticheskiy sbornik* (2018). [Indicators of Innovation 2018: Statistical Collection]. Moscow: Higher School of Economics Publ., 2018. 344 p. (In Russ.)
3. *Natsional'naya tekhnologicheskaya initsiativa* (2014). [National Technology Initiative]. *Agentstvo strategicheskikh initsiativ* [Agency for Strategic Initiatives]. Available at: <http://asi.ru/nti/> (In Russ.)
7. Volostnov, B.I. (2018). Digital Engineering: Principles for the Establishment and Perspectives of Development of Intelligent Productions. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii = Engineering and Automation Problems*. No. 1, pp. 4–37. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Zafoschnig, A. (2018). Smart Ideas for Engineers – the Impact of Emerging Technologies on Modern Engineering Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 27, no. 6, pp. 66-70.
9. Ivanov, V.G., Sazonova, Z.S., Sapunov, M.B. (2017). Engineering Pedagogy: Facing Typology Challenges. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 8-9, pp. 32-42. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Kargapol'tseva, N.A., Kargapol'tsev, S.M., Dneprov, S.A., Gajazova, G.A., Ilkevich, B.V., Goncharuk, A.Ju. (2017). Organizational and Pedagogical Conditions of Professional Development of Employees of Education. *Man in India*. No. 97 (14), pp. 129-139.
11. Vorobyov, A.E., Murzaeva, A.K. (2017). Role of University Departments in Management of Innovations in Educational Process. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii = Pedagogical Education in Russia*. No.10, pp. 17-22. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Barabanova, S.V., Kaibiyainen, A.A., Kraisman, N.V. (2019). Digitization of Engineering Education in a Global Context (Review of International Conference). *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no.1, pp. 94-103. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Belonovskaya, I.D., Kryukova, N.I., Zakharova, A.N., Dulina, G.S., Yusupova, Z.F., Bogdanova, J.N. (2017). Didactic Features of Pedagogical Interaction as the Basis of University Education. *Man in India*. Vol. 97, no. 3, pp. 29-41.
14. Belonovskaya, I.D., Serdyuk, A.I., Ezerskaya, E.M., Romanenko, K.S. (2018). *Additivnye tehnologii v tselevom obuchenii studentov inzhenerno-tehnicheskikh napravlenii podgotovki: uchebnoe posobie* [Additive Technologies in Target Training of Students of Engineering and Technical Directions of Training: Textbook]. Orenburg: Orenburg State Univ. Publ., 116 p. (In Russ.)
15. Shukhman, A., Belonovskaya, I., Anishchenko, V., Barsukova, D., Khomyakova, N. (2015). Approaches to Training of Engineering Program Students for Innovative Activity. *Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning*. ICL, pp. 950-952.
18. Polyakov, A.N., Goncharov, A.N., Kamenev, S.V. (2018). Assessing the Temperature Error in Operational Machine Tools. *Russian Engineering Research*. Vol. 38, no. 5, pp. 408-410.
19. Parfenov, I.V., Polyakov, A.N. (2018). Experimental research of kinetic and dynamic characteristics of temperature movements of machines. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* Vol. 327. pp. 042076. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/4/042076>
20. Belonovskaya, I.D., Serdyuk, A.I., Ezerskaya, E.M. (2018). *Tehnologii komandnogo vzaimodeistviya v uchebno-proizvodstvennoi deyatel'nosti studentov inzhenerno-tehnicheskikh napravlenii podgotovki: uchebnoe posobie* [Team Collaboration Technology in Industrial Training Activities of Students of Engineering Specialties: Study Guide]. Orenburg: Orenburg State Univ. Publ., 157 p. (In Russ.)

**Acknowledgement.** The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research and Orenburg region according to the research project № 19-48-560001.

*The paper was submitted 05.06.19  
Accepted for publication 20.06.19*