

АКТУАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ С ЦЕЛЬЮ ФОРМИРОВАНИЯ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

© 2022

А.Ф. Денисенко, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты»
Р.Г. Гришин, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технология машиностроения, станки и инструменты»
Л.Б. Гаспарова, кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты»
Д.С. Горяинов, кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты»
Самарский государственный технический университет, Самара (Россия)

Ключевые слова: цифровая трансформация; профессиональные компетенции; цифровое машиностроение; актуализация образовательной программы; Индустрия 4.0; направление 15.03.05; конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств; профиль «Технология машиностроения»; ОПОП ВО.

Аннотация: Предмет исследования – вопрос подготовки кадров, способных активно включаться в цифровую трансформацию за счет владения необходимыми цифровыми компетенциями. Цель исследования – сформулировать рекомендации по актуализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) подготовки бакалавров на примере направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Технология машиностроения». Планируемый результат актуализированной ОПОП ВО для обучающихся – овладение прикладными цифровыми технологиями в своей будущей профессиональной области, а также достижение формируемых предприятиями заданных профессиональных ориентиров. Алгоритм разработки и реализации проекта включает три этапа. Результатом первого этапа стала компетентностная модель выпускника, которая является основой ключевых изменений в направлении подготовки кадров для работы в цифровой среде. На втором этапе уделяется большое внимание наименованию и содержанию дисциплин. Приводятся примеры построения профиля цифровых компетенций. На третьем этапе разрабатывались учебные материалы для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий в цифровом формате, а также материалы, позволяющие оценить сформированные цифровые компетенции. В статье рассмотрены мероприятия, реализуемые на кафедре «Технология машиностроения, станки и инструменты» (ТМСИ), направленные на обновление содержания образования, методов и форм учебной работы с целью подготовки выпускников, востребованных в условиях цифровой экономики. Проведенные исследования, а также анализ технологий цифровизации образовательного контента и методов учебной работы выявили области для дальнейшего развития вопроса формирования цифровых компетенций – актуализация образовательных программ для других профилей направления 15.03.05 и направления магистратуры.

ВВЕДЕНИЕ

Самарский государственный технический университет в течение многих лет готовит кадры для разного спектра отраслей, в том числе машиностроительной, представленной в регионе большим числом предприятий аэрокосмического и автомобильного кластеров. В настоящее время машиностроительные предприятия активно включаются в цифровую трансформацию, внедряя технологии управления производством Индустрии 4.0. Изменения четвертой промышленной революции стали возможными благодаря мощному развитию компьютерных и цифровых технологий. Для успеха будущим машиностроителям потребуются новые бизнес-модели, основанные на прогнозной аналитике и использовании быстрых данных для принятия обоснованных решений в режиме реального времени [1–3].

Чаще всего концепция Индустрии 4.0 рассматривается как глобальная, сложная, многоуровневая организационно-техническая система, в основе которой лежит ее интеграция в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов. Она включает следующие подсистемы: промышленный интернет вещей, анализ больших данных, моделирование,

киберфизические системы, облачные вычисления и хранение информации, робототехника, кибербезопасность, 3D-печать и дополненная реальность. Связывание этих технологий в единую среду позволяет снизить влияние человеческого фактора и повысить эффективность производства.

Как следствие, перед российскими промышленными предприятиями стоит ряд вызовов, связанных с реализацией преимуществ четвертой промышленной революции, одним из которых является нехватка кадров, способных применять и активно внедрять современные цифровые технологии в машиностроительных производствах [4; 5].

В связи с этим перед вузами поставлена задача актуализировать ряд образовательных программ для формирования у обучающихся профессиональных цифровых компетенций [6; 7].

Цель исследования – подготовка ряда рекомендаций по актуализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП ВО) подготовки бакалавров на примере направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Технология машиностроения».

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование основано на анализе «Национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации"», утвержденной президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам в 2019 году.

На первом этапе мы изучили цели программы и систематизировали существующие подходы к формированию у обучающихся профессиональных цифровых компетенций. На основании полученной информации предложили возможный вариант актуализации образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Технология машиностроения», а также разработали ряд методических материалов по формированию профессиональных компетенций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим возможный вариант актуализации ОПОП ВО подготовки бакалавров по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Техноло-

гия машиностроения». Методология проекта актуализации основывается на модели ориентированном системном подходе к обучению и современных подходах в области инжиниринга, в частности на идеологии Индустрии 4.0.

Развитие концепции процессов цифровизации представлено на рис. 1. Начальным этапом развития цифровизации стало объединение инженеров, работающих над продуктом, в единое информационное пространство на основе компьютерных сетей. Центральным элементом описания проектируемого изделия стал электронный макет изделия – виртуальный прототип реального объекта, группы объектов или процессов (цифровой двойник, или ЦД). Условно этот уровень можно назвать «Геометрия». Этот уровень наиболее ярко представляет концепция PLM-системы (системы управления жизненным циклом продукции).

Следующим уровнем развития цифровизации стало описание изделия с точки зрения его функционирования. В основе такого описания лежит системный подход. Изделие рассматривается как система, состоящая из подсистем и компонентов, причем разбиение одной и той же системы зависит от точек зрения.

Применительно к машиностроению геометрическое определение деталей и сборочных единиц изделия при

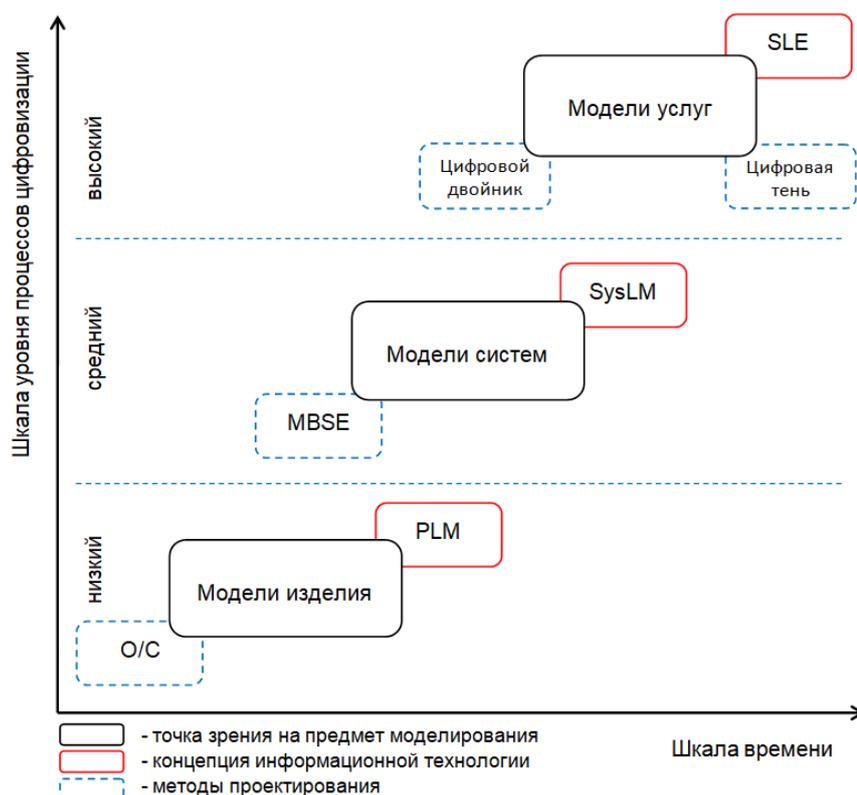


Рис. 1. Развитие концепций проектирования. O/C – проектирование инженерных объектов и информационных сетей; PLM – Product Lifecycle Management (управление жизненным циклом изделия); MBSE – Model-Based System Engineering (проектирование на основе модели); SysLM – System Lifecycle Management (управление жизненным циклом систем); SLE – Service Lifecycle Engineering (проектирование жизненных циклов услуг); цифровой двойник – виртуальный прототип реального объекта, группы объектов или процессов; цифровая тень – структура и объем цифровых данных, собираемых с воплощенной на основе цифрового двойника физической системы

этом подходе не является главным. Основной метод проектирования – проектирование на основе модели (функциональной или поведенческой модели системы).

Следующим шагом развития цифровизации становится продажа не продукта (изделия), а процесса его функционирования. Таким образом, разработчик и производитель изделия берет на себя услуги по поддержанию функциональной пригодности изделия, которым пользуется заказчик. Под цифровым двойником понимается совокупное описание модели реального физического объекта, группы изделий или процесса, относительно которых осуществляется сбор и обработка цифровой информации. Под цифровой тенью будем понимать совокупность каналов связи для передачи данных и сами данные, относящиеся к рассматриваемой системе (изделию), которые порождаются в процессе функционирования рассматриваемой системы (изделия).

В основе подхода при обучении студентов в области цифровых компетенций лежит вариант схемы RFLP (Requirements – Functions – Logics – Physic) [8; 9]. Такой подход изображают V-циклом или мульти-V-циклом (рис. 2), где у каждого стейкхолдера своя декомпозиция целевой системы и свой V-цикл, но объекты подсистем и элементов этих циклов совпадают.

Классический V-цикл можно уточнить и дополнить, так как сфера управления формированием образовательных компетенций на практике значительно шире. Кроме каскада требований, традиционно формируемого в верхней части левой ветви V, необходимо учитывать, что нужно создавать требования к процессам: работы с заказчиками; процедур сбора и формирования дерева требований; разработки, валидации и верификации и др. В качестве требований выступают пожелания работодателя и требования профессиональных стандартов. Регламенты процессов также можно представлять в виде свода требований к процессам. Внутри каждого этапа по левой ветви V происходит цикличная

работа, состоящая из формирования требований к этапу, разработки объектов этапа и проверки на соответствие выдвинутым требованиям.

Алгоритм разработки и реализации проекта актуализации образовательных программ с целью формирования у обучающихся профессиональных цифровых компетенций включает в себя выполнение трех этапов:

1) анализ потребностей потенциальных работодателей в профессиональных компетенциях работников по применению цифровых технологий в машиностроительной отрасли, разработка и согласование компетентностной модели выпускника на основе проведенного анализа;

2) актуализация реализуемой ОПОП ВО с учетом задач формирования профессиональных компетенций по применению цифровых технологий в машиностроительных производствах;

3) апробация актуализированной ОПОП ВО.

На первом этапе предполагается выполнить анализ кадровых потребностей инновационного развития области профессиональной деятельности и выявить задачи, которые могут быть реализованы, определить перечень требуемых компетенций выпускников, а также разработать и согласовать компетентностную модель выпускника на основе проведенного анализа требований профессиональных стандартов и изучения потребностей потенциальных работодателей [10–12].

В процессе выполнения мероприятий второго этапа необходимо провести анализ соответствия между планируемыми результатами обучения по отдельным дисциплинам и требуемыми результатами освоения образовательной программы в целом (компетенциями выпускников) [13].

С этой целью предлагается включение в учебный план подготовки бакалавров по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» курсов, направленных на

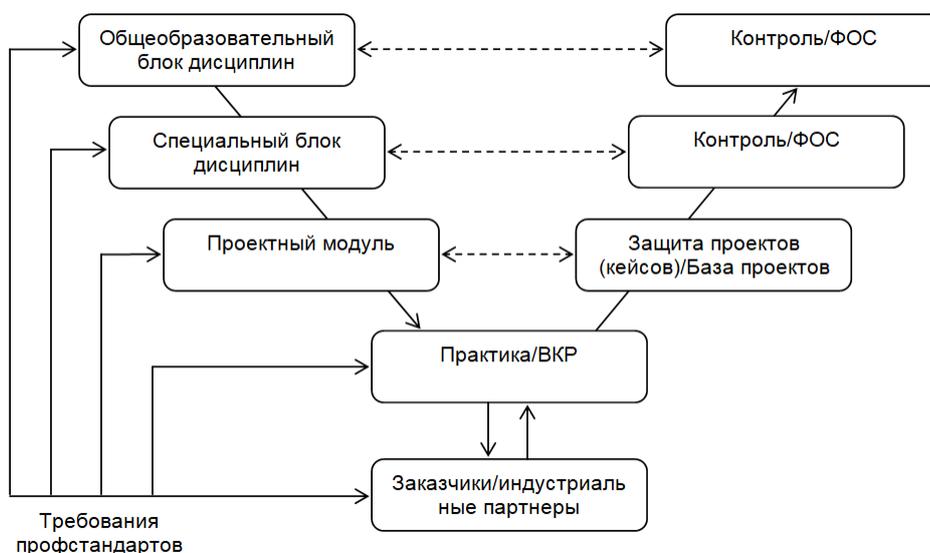


Рис. 2. V-цикл проектирования

формирование профессиональных компетенций. Содержание курсов должно основываться на использовании актуальных цифровых технологий, востребованных в машиностроительном производстве. При этом следует уделить большое внимание наименованию и содержанию дисциплин. Актуализацию необходимо проводить с целью формирования знаний, умений и навыков в области создания, управления и оптимизации параметров цифровых двойников объектов и процессов конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства. Таким образом, осуществляется подготовка специалиста, способного создавать эффективных «цифровых двойников» и киберфизические системы в современном машиностроительном производстве.

В рамках выбранного направления исследования актуализация ОПОП ВО должна предусматривать увеличение объема изучения современных производственных технологий: цифрового проектирования, мультидисциплинарного моделирования и оптимизации параметров изделия, управления жизненным циклом изделия при сквозном проектировании, генеративного дизайна и аддитивного производства. Предлагаем примерный перечень дисциплин с учетом задачи сформировать профессиональные компетенции по применению цифровых технологий: основы цифрового машиностроения; сквозные цифровые технологии машиностроительного производства; цифровые технологии в технологических задачах; программное обеспечение технологических процессов.

Дисциплины программы имеют «входные требования» в виде набора необходимых для их освоения компетенций (знаний и умений) и четко сформулированные планируемые результаты обучения, которые в совокупности должны обеспечить освоение обучающимися заявленной компетенции (группы компетенций). Указанные дисциплины направлены на формирование у студентов профессиональных компетенций по применению цифровых технологий в машиностроительном производстве. Каждая компетенция раскрывается в ком-

плексе характеристик (индикаторов), уточняющих ее формулировку в виде результатов обучения.

Компетенции, формируемые у выпускника, должны базироваться на изучении и освоении ряда особенностей цифровых производств, которые реализуются на кафедре «Технология машиностроения, станки и инструменты» следующим образом (таблица 1).

Третий этап предполагает разработку материалов по формированию профессиональных компетенций (презентационные материалы к занятиям лекционного типа, видеолекции, видеокурсы и т. д.). Так, к примеру, планируется разработать курс «Цифровой двойник производства. Обработка в NX CAM». Цель курса – сформировать знания и навыки применения новых производственных технологий (САМ-систем) при создании цифрового двойника производства. Курс может состоять из видеолекций, презентаций, разбора конкретных кейсов, заданий для самостоятельного выполнения и оценочных материалов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Успешность внедрения концепции Индустрии 4.0 и цифровой трансформации предприятий напрямую зависит от подготовки соответствующих специалистов – представителей «цифрового поколения», способных работать в динамичной цифровой экосистеме. Формирование у обучающихся таких компетенций, как создание цифровых двойников и физико-математических моделей, автоматизированное проектирование и дизайн продукции и производств в рамках сопровождения этапов жизненного цикла изделий, стоимостной инжиниринг машиностроительной продукции и цифрового производства и др., – это то перспективное направление, которое требует особого внимания. Формирование таких компетенций у выпускников создает условия для распространения цифровой культуры и обеспечивает прямую заинтересованность в таких специалистах со стороны предприятий машиностроительного профиля.

Таблица 1. Формируемые компетенции выпускника

Формируемые компетенции	Мероприятия по реализации
Создание «цифровых двойников» и физико-математических моделей	<p>В настоящее время в учебном процессе широко применяется методология Model-Based Definition [14–16], в которой предусмотрено использование электронного макета изделия (ГОСТ 2.052-2015) в качестве первичного источника информации об изделии. Разработанный «цифровой двойник» (ЦД) изделия применяется для отработки процессов сборки изделия, разработки на его основе ЦД заготовки, разработки ЦД заготовительных процессов и технологических процессов обработки.</p> <p>В процессе учебы студенты, разрабатывая технологические процессы на операциях с ЧПУ, применяют кинематические модели оборудования (станков и робототехнических комплексов), которые позволяют оценить выполнение технологических операций обработки, сборки и сварки и обеспечить отсутствие соударений оборудования.</p> <p>Аналитические модели технологических операций применяются в основном в дисциплинах, связанных с технологией машиностроения. Они используются для расчетов и оптимизации режимов обработки и технологических нагрузок, возникающих при операциях. Более сложные модели с применением методов линейного программирования строятся при подготовке магистров.</p> <p>Аналитические и имитационные модели производственных линий строятся с помощью программы Tecnomatix и позволяют оптимизировать такт обработки и повысить пропускную способность линии</p>

Формируемые компетенции	Мероприятия по реализации
Мульти-CAD-дизайн продукции, киберфизических ячеек и производств в рамках сопровождения этапов жизненного цикла изделий (ЖЦИ)	<p>Существующий учебный план по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Технология машиностроения» в СамГТУ предусматривает формирование знаний и навыков в области компьютерных дисциплин со 2-го семестра. Для дисциплин «Начертательная графика», «Компьютерное моделирование» и некоторых других применяется программный продукт Компас 3D. С 3-го семестра студенты бакалавриата переходят на программный продукт NX CAD. В ходе учебы осваиваются методологии построения и оптимизации параметров ЦД изделия (электронного макета) методами «снизу вверх» и «сверху вниз» с применением контрольных структур, параметризации, ассоциативности и управления конфигурацией.</p> <p>В рамках дисциплины «Численные методы расчета» создаются и оптимизируются геометрические параметры ЦД на основе интегрированной CAD/CAE модели в комплексах NX CAD + ANSYS и NX CAD + NX CAE с применением методологии Model-Based System Engineering. Применяемые мультимедийные модели в области кинематики, динамики, прочности и термодинамики позволяют разработать проект ЦД изделия и на раннем этапе проектирования оптимизировать конструкцию узлов и деталей.</p> <p>Применение генеративного дизайна позволяет находить наиболее совершенные формы детали, исходя из эксплуатационных режимов, и подготавливать деталь, в том числе к 3D-печати.</p> <p>Для проектирования ЦД технологических процессов применяется САПР ТП Вертикаль, NX CAM и SprutCAM. В дисциплинах, связанных с разработкой технологических процессов на станках с ЧПУ, посредством NX CAM разрабатываются ЦД гибких производственных ячеек, в том числе отрабатывается взаимодействие робототехнических комплексов и станков с ЧПУ.</p> <p>В дисциплине «Проектирование цехов» с применением Tecnomatix моделируется структура производства, разрабатывается планировка цеха и рассчитываются потоки перемещений объектов производства с целью оптимизации загрузки оборудования в поточной линии, поиска «узких» мест технологии, определения рационального размера партии запуска заготовок и т. п. [17; 18]</p>
Моделирование прикладных бизнес-процессов	<p>Моделирование производственных бизнес-процессов осуществляется с помощью функционала электронного документооборота PDM-систем Лоцман и Teamcenter. В процессе обучения воспроизводится взаимодействие специалистов на этапе конструкторско-технологической подготовки производства [19; 20]</p>
Выполнение работ и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению информационных систем, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы	<p>В процессе обучения студенты получают навыки администрирования CAD- и PDM-систем, наполнения баз Справочников САПР ТП Вертикаль и PDM-системы Teamcenter</p>
Стоимостной инжиниринг машиностроительной продукции и цифрового производства	<p>При разработке ЦД технологического процесса изготовления изделия применяется метод целевой себестоимости. В основу его стоимостной модели (Cost Management) положены данные по стоимости ресурсов: оборудования, средств технологического оснащения, инструмента, часовой тарифной ставки, времени выполнения технологических операций. С помощью стоимостной модели проводится сравнение конкурентных вариантов технологического процесса по себестоимости. Параметрами для оптимизации себестоимости выступают стоимость инструмента и оборудования, а также машинное время, зависящее от режимов обработки</p>

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. На основании опыта подготовки выпускников по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Технология машиностроения» на кафедре «Технология машиностроения, станки и инструменты» (ТМСИ) Самарского государственного технического университета предложены пути актуализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) с целью формирования у обучающихся профессиональных цифровых компетенций. Показано, что актуализацию необходимо проводить с целью формирования компетенций в области

создания, управления и оптимизации параметров цифровых двойников объектов и процессов конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства.

2. Подробно рассмотрены реализуемые на кафедре ТМСИ мероприятия по обновлению содержания образования, методов и форм учебной работы с целью подготовки выпускников направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по профилю «Технология машиностроения», востребованных в машиностроительном производстве в условиях цифровой экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексанков А.М. Четвертая промышленная революция и модернизация образования: международный опыт // Стратегические приоритеты. 2017. № 1. С. 53–69.
2. Суздалева Н.Н. Тенденции и потенциал цифровой трансформации предприятий в Российской Федерации // Вопросы инновационной экономики. 2021. Т. 11. № 3. С. 1047–1062.
3. Казьмина И.В., Щеголева Т.В., Родионова В.Н. Тенденции и закономерности цифровой трансформации предприятий // Организатор производства. 2021. Т. 29. № 4. С. 15–24.
4. Кондратьев В.В., Галиханов М.Ф., Осипов П.Н., Шагеева Ф.Т., Кайбияйнен А.А. Инженерное образование: трансформации для индустрии 4.0 (обзор конференции) // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 12. С. 105–122.
5. Левашкин Д.Г., Расторгуев Д.А., Логинов Н.Ю., Козлов А.А., Гуляев В.А. Разработка образовательных программ магистратуры в условиях цифровизации высшего образования // Инженерное образование. 2020. № 28. С. 73–84.
6. Зайцева О.М., Спиридонов О.В. Цифровые компетенции в профессиональных стандартах машиностроительной отрасли // Социально-трудовые исследования. 2019. № 3. С. 112–120.
7. Гунина И.А., Логунова И.В., Пестов В.Ю. Повышение эффективности использования человеческого капитала в условиях цифровой трансформации // Регион: системы, экономика, управление. 2019. № 1. С. 18–25.
8. Крысенков Д. RFLP – современный подход к проектированию высокотехнологичных продуктов // CAD/CAM/CAE Observer. 2010. № 5. С. 29–32.
9. Соболев А.А., Соловьев В.И. Управление жизненным циклом сложных систем в контексте системного инжиниринга // Инновации в жизнь. 2017. № 2. С. 137–174.
10. Логинов Н.Ю., Левашкин Д.Г., Козлов А.А., Гуляев В.А. Образовательная модель проектно-ориентированной подготовки молодых специалистов инженерно-технических направлений в концепции Индустрия 4.0 // Инженерное образование. 2018. № 23. С. 77–82.
11. Селеменова Е.М., Шамрин А.В., Кузнецова Е.В. Подготовка инженерно-технических специалистов – основа формирования кадрового потенциала региона // Ученые записки Орловского государственного университета. 2021. № 2. С. 279–283.
12. Вдовин Р.А., Трафимова Г.А. Опыт использования специализированного программного обеспечения в образовательном процессе и науке // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15. № 4. С. 992–1002.
13. Соломин В.П., Рабош В.А., Гогоберидзе А.Г. Новая модель практико-ориентированной подготовки педагогов с учетом требований профессионального и образовательного стандарта // Педагогическое образование в России. 2015. № 12. С. 145–151.
14. Пономарев К.С., Шутиков М.А., Феофанов А.Н. Цифровой двойник как инструмент цифровой трансформации предприятия // Вестник МГТУ Станкин. 2019. № 4. С. 19–23.
15. Miller A.M., Alvarez R., Hartman N. Towards an extended model-based definition for the digital twin // Computer-Aided Design and Applications. 2018. Vol. 15. № 6. P. 880–891. DOI: [10.1080/16864360.2018.1462569](https://doi.org/10.1080/16864360.2018.1462569).
16. Furrer D.U., Dimiduk D.M., Cotton J.D., Ward C.H. Making the Case for a Model-Based Definition of Engineering Materials // Integrating Materials and Manufacturing Innovation. 2017. Vol. 6. № 3. P. 249–263. DOI: [10.1007/s40192-017-0102-7](https://doi.org/10.1007/s40192-017-0102-7).
17. Савельев В.А., Рогова Т.Н. Цифровизация машиностроительного комплекса в России и зарубежных странах: обзор тенденций // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2020. № 4. С. 21–25.
18. Амелин С.В. Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации // Организатор производства. 2020. Т. 28. № 1. С. 17–23.
19. Логинов А.Ю., Розенбаум А.Е., Лимановская О.В., Вольман Д.В. Способ хранения информации о составе машиностроительного изделия // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 38–45.
20. Тимофеев П.Г., Ягопольский А.Г. Роль и значение PDM-систем при разработке технологического оборудования // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. № 10. С. 73–81.

REFERENCES

1. Aleksankov A.M. International experience of modification system of education for industry 4.0. *Strategicheskie priority*, 2017, no. 1, pp. 53–69.
2. Suzdaleva N.N. Trends and potential of enterprises digital transformation in the Russian Federation. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 1047–1062.
3. Kazmina I.V., Shchegoleva T.V., Rodionova V.N. Trends and regularities of digital transformation of enterprises. *Organizator proizvodstva*, 2021, vol. 29, no. 4, pp. 15–24.
4. Kondratev V.V., Galikhanov M.F., Osipov P.N., Shageeva F.T., Kaybiyaynen A.A. Engineering education: transformation for industry 4.0 (synergy 2019 conference results review). *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2019, vol. 28, no. 12, pp. 105–122.
5. Levashkin D.G., Rastorguev D.A., Loginov N.Yu., Kozlov A.A., Gulyaev V.A. Development of master's educational programs in the conditions of higher education digitalization. *Inzhenernoe obrazovanie*, 2020, no. 28, pp. 73–84.
6. Zaytseva O.M., Spiridonov O.V. Digital competence in professional standards of engineering industry. *Sotsialno-trudovye issledovaniya*, 2019, no. 3, pp. 112–120.
7. Gunina I.A., Logunova I.V., Pestov V.Yu. Increase of efficiency of use of human capital in the conditions of digital transformation. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie*, 2019, no. 1, pp. 18–25.

8. Krysenkov D. RFLP as a modern approach to designing high-tech products. *CAD/CAM/CAE Observer*, 2010, no. 5, pp. 29–32.
9. Sobolev A.A., Solovev V.I. Lifecycle management of complex systems in the context of system engineering. *Innovatsii v zhizn*, 2017, no. 2, pp. 137–174.
10. Loginov N.Yu., Levashkin D.G., Kozlov A.A., Gulyaev V.A. The educational model of project-oriented training of young professionals technical and engineering directions in the concept industry 4.0. *Inzhenernoe obrazovanie*, 2018, no. 23, pp. 77–82.
11. Selemeneva E.M., Shamrin A.V., Kuznetsova E.V. Training of engineering and technical specialists – basis for forming the regional human resources. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, no. 2, pp. 279–283.
12. Vdovin R.A., Trafimova G.A. Experience of using specialized software in the educational process and science. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie*, 2019, vol. 15, no. 4, pp. 992–1002.
13. Solomin V.P., Rabosh V.A., Gogoberidze A.G. New model of practice-oriented teacher training in accordance with the requirements of the professional and educational standard. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii*, 2015, no. 12, pp. 145–151.
14. Ponomarev K.S., Shutikov M.A., Feofanov A.N. Digital twin as an instrument of enterprise digital transformation. *Vestnik MGTU Stankin*, 2019, no. 4, pp. 19–23.
15. Miller A.M., Alvarez R., Hartman N. Towards an extended model-based definition for the digital twin. *Computer-Aided Design and Applications*, 2018, vol. 15, no. 6, pp. 880–891. DOI: [10.1080/16864360.2018.1462569](https://doi.org/10.1080/16864360.2018.1462569).
16. Furrer D.U., Dimiduk D.M., Cotton J.D., Ward C.H. Making the Case for a Model-Based Definition of Engineering Materials. *Integrating Materials and Manufacturing Innovation*, 2017, vol. 6, no. 3, pp. 249–263. DOI: [10.1007/s40192-017-0102-7](https://doi.org/10.1007/s40192-017-0102-7).
17. Savelev V.A., Rogova T.N. Digitalization of the machine-building complex in Russia and foreign countries: an overview of trends. *Vestnik Ulyanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2020, no. 4, pp. 21–25.
18. Amelin S.V. Organization of production in mechanical engineering in conditions of digital transformation. *Organizator proizvodstva*, 2020, vol. 28, no. 1, pp. 17–23.
19. Loginov A.Yu., Rozenbaum A.E., Limanovskaya O.V., Volman D.V. Method of storing information on engineering product composition. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, vol. 22, no. 10, pp. 38–45.
20. Timofeev P.G., Yagopolskiy A.G. The role and significance of PDM systems in the development of manufacturing equipment. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie*, 2016, no. 10, pp. 73–81.

REVISING THE ACADEMIC PROGRAM FOR THE PURPOSE OF PROFESSIONAL DIGITAL COMPETENCIES DEVELOPMENT

© 2022

A.F. Denisenko, PhD (Engineering), Professor,
professor of Chair “Technology of Mechanical Engineering, Machines, and Tools”

R.G. Grishin, PhD (Engineering), Associate Professor,
Head of Chair “Technology of Mechanical Engineering, Machines, and Tools”

L.B. Gasparova, PhD (Pedagogy), Associate Professor,
assistant professor of Chair “Technology of Mechanical Engineering, Machines and Tools”

D.S. Goryainov, PhD (Engineering), Associate Professor,
assistant professor of Chair “Technology of Mechanical Engineering, Machines and Tools”
Samara State Technical University, Samara (Russia)

Keywords: digital transformation; professional competencies; digital engineering; revision of the academic program; Industry 4.0; specialty 15.03.05; design and technological support of machine-building industries; “Engineering technology” program; major professional academic program of higher education.

Abstract: The research subject is the issue of training personnel capable of being actively involved in digital transformation through applying necessary digital competencies. This paper considers an option for revising the bachelor’s degree program 15.03.05 “Design and Technological Support of Machine-Building Industries” (specialization “Technology of Mechanical Engineering”). The intended result of the revised academic program for students is the acquisition of the applied digital technologies in their future profession and the achievement of set professional targets formed by the enterprises. The algorithm for the development and implementation of the project revision includes three stages. The first stage results in the competence model of a graduate as the foundation of the key changes in training personnel for jobs in digital industries. The second stage focuses on the titles and contents of the courses. Examples of designing a digital competencies profile are provided. The third stage involves designing of academic materials for lecture-type classes, video lectures, video courses, and the materials allowing evaluating the level of digital competencies development. The paper describes the activities implemented at the Chair of Engineering Technology, Manufacturing Machines, and Tools and aimed at revising the content, methods, and forms of an educational activity to prepare graduates highly demanded in the digital economy. The conducted research and analysis of technologies used for digitalization of educational content, and methods of teaching have identified areas for further development of the issue, such as revision of the other academic programs of the specialty 03.15.05 and the Master’s degree program.