

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / EMPIRICAL STUDIES

Научная статья / Research Article
<https://doi.org/10.55959/LPEJ-25-23>
УДК/UDC 378.4

Разработка модели формирования и оценки профессиональных компетенций в системе подготовки специалистов атомной отрасли

А.В. Солнцев¹, И.В. Гребенев², Д.Е. Любашевский³ ✉

¹ Техническая академия Росатома, Нововоронежский филиал, Нововоронеж, Российская Федерация

² Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

³ Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация

✉ dima_physicist@mail.ru

Резюме

Актуальность. В условиях стремительного развития атомной энергетики существует острая потребность в подготовке высококвалифицированных специалистов, обладающих профессиональными компетенциями, соответствующими требованиям отрасли. Значительный разрыв между теоретической подготовкой выпускников вузов и практическими требованиями высокотехнологичных предприятий подчеркивает необходимость создания эффективных практико-ориентированных образовательных моделей.

Цель. Разработка интегративной модели формирования и оценки профессиональных компетенций специалистов атомной отрасли, направленной на сокращение разрыва между теоретическим обучением и производственными задачами, а также проверка ее применимости в образовательной практике.

Выборка. Исследование проводилось на базе Нововоронежского филиала АНО ДПО «Техническая академия Росатома» и Воронежского государственного университета в 2022/2023 и 2023/2024 учебном году. В выборку вошли магистранты направления 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», обучающиеся по четырем ключевым дисциплинам, связанным с профессиональными стандартами атомной отрасли.

Методы. Применялись методы: тестирование теоретических знаний, моделирование деятельности на тренажерах, анализ производственных кейсов, практические задания на учебно-производственных макетах, а также статистический анализ результатов успеваемости.

Результаты. Выявлено, что при высоком уровне теоретической подготовки (средний балл 4,78–4,91) выпускники демонстрируют недостаток практических навыков, что подтверждает необходимость усиления практико-ориентированного компонента. Разработана интегративная модель подготовки специалистов, включающая создание базовых кафедр, внедрение междисциплинарных курсов («Методы разрушающего и неразрушающего контроля», «Электрическое оборудование АЭС», «Термогидравлическое оборудование АЭС», «Автоматизированные системы управления») и трехуровневую систему оценки компетенций. Модель показала потенциал для повышения качества подготовки и сокращения разрыва между теорией и практикой.

Выводы. Предложенная модель обеспечивает целостное формирование профессиональных компетенций, интегрируя академическое образование с производственными практиками. Ее реализация может способствовать повышению готовности выпускников к профессиональной деятельности в атомной отрасли. Перспективы связаны с масштабированием модели на другие технические направления и внедрением цифровых технологий (цифровые двойники, адаптивные тренажеры) для дальнейшего совершенствования подготовки специалистов.

Ключевые слова: практико-ориентированное обучение, атомная отрасль, компетентностный подход, дополнительное профессиональное образование, профессиональные компетенции, студенты

Для цитирования: Солнцев, А.В., Гребнев, И.В., Любашевский, Д.Е. (2025). Разработка модели формирования и оценки профессиональных компетенций в системе подготовки специалистов атомной отрасли. *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*, 23(4), 137–158. <https://doi.org/10.55959/LPEJ-25-23>

Development of a Methodology for the Formation and Assessment of Professional Competencies in the System of Training Specialists for the Nuclear Industry

Andrey V. Solntsev¹, Igor V. Grebenev², Dmitry E. Lyubashevsky³ ✉

¹ Rosatom Technical Academy, Novovoronezh Branch, Novovoronezh, Russian Federation

² Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

³ Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

✉ dima_physicist@mail.ru

Abstract

Background. With the rapid development of nuclear energy, there is a real need to train highly qualified specialists with professional skills that meet industry requirements. The big gap between the theoretical training of university graduates and the practical requirements of high-tech companies highlights the need to create effective, practice-oriented educational models.

Objective. The aim is to develop an integrative model for the formation and assessment of professional competencies of specialists in the nuclear industry, aimed at reducing the gap between theoretical training and production tasks, as well as to test its applicability in educational practice.

Study Participants. The study was conducted at the Novovoronezh branch of the “Rosatom Technical Academy” and Voronezh State University during the 2022–2023 and 2023–2024 academic years. The sample included master’s students majoring in the direction of studies 14.04.02 “Nuclear Physics and Technology” studying four key disciplines related to professional standards in the nuclear industry.

Methods. The following methods were used: testing of theoretical knowledge, simulation of activities on simulators, analysis of production cases, practical tasks on training and production models, as well as statistical analysis of academic performance results.

Results. It was found that despite a high level of theoretical training (average score of 4.78–4.91), graduates demonstrate a lack of practical skills, which confirms the need to strengthen the practice-oriented component. An integrative model for training specialists was developed, including the creation of basic departments, the introduction of interdisciplinary courses (“Methods of Destructive and Non-Destructive Testing,” “Nuclear Power Plant Electrical Equipment,” “Nuclear

Power Plant Thermohydraulic Equipment,” “Automated Control Systems”) and a three-level competence assessment system. The model has shown potential for improving the quality of training and reducing the gap between theory and practice. **Conclusions.** The proposed model provides for the comprehensive development of professional competencies by integrating academic education with industrial practices. Its implementation can contribute to improving the readiness of graduates for professional activity in the nuclear industry. Prospects are linked to scaling the model to other technical areas and introducing digital technologies (digital twins, adaptive simulators) to further improve the training of specialists.

Keywords: practice-oriented education, nuclear industry, competence-based approach, continuing professional education, professional competencies, students

For citation: Solntsev, A.V., Grebenev, I.V., Lyubashevsky, D.E. (2025). Development of a methodology for the formation and assessment of professional competencies in the system of training specialists for the nuclear industry. *Lomonosov Pedagogical Education Journal*, 23(4), 137–158. <https://doi.org/10.55959/LPEJ-25-23>

Введение

Эффективная реализация стратегических планов развития атомной энергетики невозможна без целенаправленной подготовки квалифицированных кадров, обладающих необходимым набором профессиональных компетенций. Одной из наиболее острых проблем в системе подготовки кадров для атомной отрасли остается значительный разрыв между уровнем компетенций выпускников вузов и реальными требованиями высокотехнологичных предприятий. Современные исследования свидетельствуют, что 88% молодых специалистов, впервые выходящих на рынок труда, испытывают серьезный дефицит профессиональных навыков, что существенно затрудняет их адаптацию к производственным условиям. Лишь 25,3% выпускников демонстрируют достаточный уровень подготовки для работы на сложных технологических объектах, тогда как 34,5% сталкиваются со значительными трудностями при выполнении профессиональных задач, связанных с эксплуатацией высокотехнологичного оборудования (Андреева, 2017). Решение данной задачи требует системного подхода, включающего интеграцию программ высшего образования и дополнительного профессионального обучения (ДПО), а также разработку инновационных методик подготовки инженерных кадров.

В современных условиях учебный процесс должен быть ориентирован на формирование практически значимых компетенций у обучающихся и их объективную оценку. Полноценное овладение комплексом этих компетенций позволит выпускнику стать востребованным и конкурентоспособным специалистом на современном рынке труда. Для решения данной задачи мировой опыт предлагает широкое внедрение практико-ориентированных образовательных практик, которые позволяют студентам не только усваивать теоретические знания, но и эффективно применять их в практической деятельности (Groenier et al., 2025; Guerrero Chanduvi, De Los Rios, 2012; Ferm, 2021).

Важнейшим компонентом учебного процесса является разработка фонда оценочных средств (ФОС), адекватных задачам практики. Современные подходы к оценке результативности образовательного процесса должны быть ориентированы на измерение степени сформированности компетенций, востребованных в профессиональной деятельности. Необходимо создание надежных и валидных инструментов оценки, обеспечивающих объективную, прозрачную и многоуровневую диагностику сформированности компетенций. Это предполагает использование разнообразных форм контроля, включая тестовые задания, проектные работы, анализ кейсов и другие методы, позволяющие комплексно оценить универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, а также их интеграцию в образовательные результаты (McClelland, 1973).

Методы исследования

В исследовании применялись анализ академических результатов, тестирование теоретических знаний, моделирование деятельности на тренажерах, анализ производственных кейсов, практические задания на учебно-производственных макетах и статистический анализ успеваемости. Трехуровневая система оценки компетенций (учебный, квазипрофессиональный, профессиональный уровни) была разработана на основе ФГОС ВО 3++¹ и профессиональных стандартов атомной отрасли.

¹ ФГОС ВО (3++) по направлениям бакалавриата «Ядерная энергетика и технологии». (2022). Портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: <https://fgosvo.ru/fgosvo/index/24/14> (дата обращения: 21.12.2025).

Выборка

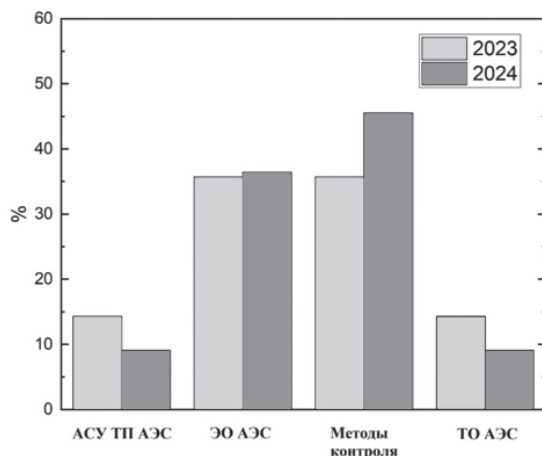
Исследование проводилось в 2022/2023 и 2023/2024 учебном году на базе Нововоронежского филиала АНО ДПО «Техническая академия Росатома» и Воронежского государственного университета, с участием магистрантов направления 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», изучавших четыре ключевые дисциплины, соответствующие профессиональным стандартам атомной отрасли.

Результаты исследования

Современные федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС ВО 3++) устанавливают три группы компетенций: универсальные, общепрофессиональные и профессиональные. Универсальные компетенции формируют базовые качества личности, необходимые для эффективной профессиональной деятельности. Общепрофессиональные компетенции отражают общие требования к профессиональной подготовке без учета узкоспециальных аспектов. Профессиональные компетенции определяются вузом самостоятельно на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников (Хеннер, 2018). Формирование профессиональных компетенций осуществляется на основе профессиональных стандартов, что позволяет учитывать как требования работодателей, так и региональные особенности подготовки специалистов (Субетто, 2021).

Необходимость проведения масштабной модернизации образовательной программы была выявлена нами в ходе комплексного анализа результатов итоговой аттестации выпускников магистратуры по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии» Воронежского государственного университета. Мониторинг уровня профессиональной подготовки магистрантов в 2022/2023 и 2023/2024 учебном году осуществлялся на базе уникальной материально-технической инфраструктуры базовой кафедры «АЭС с ВВЭР» (атомные электростанции с водо-водяными энергетическими реакторами) Нововоронежского филиала Технической академии Росатома. Экспериментальная база исследования включала полномасштабные тренажерные комплексы и специализированные учебные макеты ключевых систем атомной станции, выполненные в натуральную величину. Для проведения исследования применялся комплекс методов математической статистики (Гмурман, 2020),

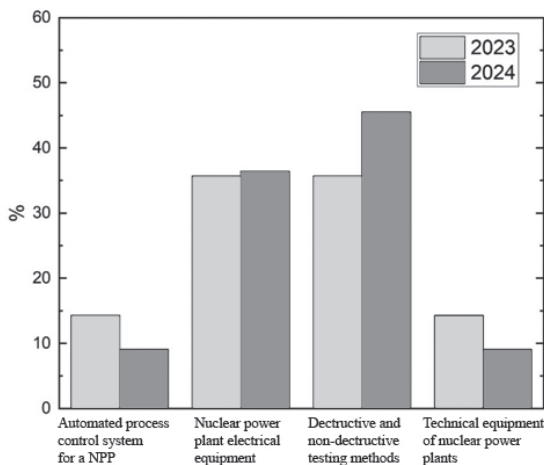
адекватных характеру и объему имеющихся данных. Первичные данные представлены в виде частотных распределений (абсолютного количества оценок) по четырем дисциплинам за два учебных года. Анализ результатов ($n = 25$) с применением точного критерия Фишера (Cumming, 2008) не выявил статистически значимых различий в распределении академических оценок категорий «неудовлетворительно» и «удовлетворительно» между указанными периодами (уровень значимости $p = 0,699-1,000$; коэффициент сопряженности $\phi \approx 0,00-0,09$). Визуальная репрезентация динамики показателей неуспеваемости (Рисунок) подтверждает отсутствие существенной межгодовой дифференциации.



Рисунок

Процент оценок «неудовлетворительно» по четырем дисциплинам для 2023 и 2024 гг.

Примечание. АСУ ТП АЭС — автоматизированная система управления технологическим процессом атомной электростанции (АЭС), ЭО АЭС — электрическое оборудование АЭС, методы контроля — методы разрушающего и неразрушающего контроля, ТО АЭС — техническое оборудование АЭС.



Figure

Percentage of “unsatisfactory” grades in four disciplines for 2023 and 2024

Note. NPP — a nuclear power plant (NPP).

Вместе с тем анализ эмпирических данных позволил идентифицировать устойчивые системные проблемы в подготовке магистрантов. На протяжении двухлетнего наблюдения зафиксировано полное отсутствие положительных оценок «хорошо» и «отлично» по всем дисциплинам учебного плана. Наблюдается стабильно высокий уровень академической неуспеваемости, достигающий 45,5% по дисциплине «Методы контроля» в 2024 г. Рассчитанные условные средние баллы демонстрируют последовательно низкие значения, варьирующиеся в диапазоне 2,55–2,91, что свидетельствует о критическом разрыве между декларируемым уровнем подготовки и фактическими образовательными результатами.

При высоком среднем балле по фундаментальным дисциплинам (4,78–4,91) наблюдается парадоксальная неспособность студентов демонстрировать практические компетенции на тренажерах и макетах реального оборудования. Это подтверждает наличие глубокого системного разрыва между теоретической и практической готовностью и подчеркивает необходимость радикальной перестройки содержательного и оценочного компонентов образовательной программы.

Выявленная системная проблема требует разработки комплексных мер по модернизации содержания образовательных программ и совершенствованию методик формирования практико-ориентированных компетенций. Ключевыми направлениями развития должны стать углубление интеграции образования и профессиональной деятельности, разработка комплексных оценочных инструментов, создание отраслевых моделей компетенций и совершенствование нормативно-правовой базы, что является основой современного практико-ориентированного образования как в России (Антонова, Замкин, 2025; Головина и др., 2024), так и за рубежом (Brands et al., 2025).

Интегративная модель подготовки специалистов атомной энергетики

Настоящее исследование представляет собой комплексную разработку методологических и практических аспектов формирования профессиональных компетенций специалистов атомной энергетики, основанную на синтезе академического образования и передовых практик дополнительного профессионального обучения. Разработанная модель базируется на стратегическом партнерстве Воронежского государственного университета как опорного вуза Госкорпорации «Росатом» с Нововоронежским филиалом Технической академии Росатома, что создает условия для органичного сочетания фундаментальной физико-математической подготовки с практико-ориентированным компонентом, непосредственно отражающим потребности атомной отрасли.

Ключевыми структурными элементами предлагаемой модели выступают:

- 1) создание современной учебно-производственной инфраструктуры, обеспечивающей доступ к уникальному оборудованию атомных станций;
- 2) разработка инновационных образовательных модулей, интегрирующих актуальные технологические тренды отрасли, включая цифровые методы неразрушающего контроля, предиктивную аналитику и технологии цифровых двойников;
- 3) внедрение адаптивной системы дуального обучения с элементами производственного наставничества.

Нами проводится комплексная модернизация магистерской программы по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», предусматривающая сохранение фундаментальной подготовки при

одновременном существенном усилении практической составляющей через введение специализированных модулей, разработанных в тесном сотрудничестве с ведущими отраслевыми специалистами. В основе разработанной нами новой модели подготовки специалистов положены четыре новых междисциплинарных практико-ориентированных курса: «Методы разрушающего и неразрушающего контроля оборудования», «Электрическое оборудование АЭС», «Термогидравлическое оборудование АЭС» и «Автоматизированные системы управления технологическими процессами на АЭС» (Солнцев и др., 2025b, 2025c, 2025d, 2025e).

Содержание подготовки специалистов атомной отрасли в рамках разработанной модели подробно освещено в нашей предыдущей публикации (Солнцев и др., 2025a). Методика включает как теоретические, так и практические занятия, она дает студентам полноценное представление о различных аспектах работы на АЭС. Практические занятия реализуются с использованием тренажеров, макетов и компьютерных систем обучения, имеющихся в распоряжении Технической академии Росатома. Эти курсы охватывают важнейшие технологические и инженерные задачи, связанные с эксплуатацией и контролем состояния оборудования, а также с автоматизацией процессов, что способствует созданию комплексной базы для дальнейшего профессионального роста. Необходимо отметить, что в литературе отмечается актуальность разработки и проектирования учебных сред на границе учебной среды и работы (Bouw et al., 2019).

Реализация предложенной модели, как ожидается, позволит существенно повысить качество профессиональной подготовки специалистов для атомной отрасли за счет создания эффективного механизма трансляции теоретических знаний в практические навыки. Углубление интеграции учебного процесса с производственными практиками на действующих атомных станциях в совокупности создаст условия для формирования нового поколения специалистов атомной отрасли, обладающих комплексными компетенциями, отвечающими вызовам цифровой трансформации энергетики.

Модификация учебного процесса требует и соответствующего изменения процедур оценки качества обучения с соблюдением содержательного и операционального единства методик формирования и контроля, на что обращают внимание исследователи (Байденко, 2004). С этой целью нами разработана трехуровневая система оценки компетенций, развивающая описанную во ФГОС систему

универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций (Сагитова 2010).

Предложенная нами система состоит из следующих компонентов: *учебный, квазипрофессиональный и профессиональный уровни.*

Эта трехуровневая система оценки компетенций включает:

- на уровне учебных компетенций (теоретическая подготовка) — комбинированное тестирование с использованием компьютерных систем и практических заданий на учебных макетах;
- на уровне квазипрофессиональных компетенций (моделирование деятельности) — решение производственных кейсов на тренажерах и макетах с детальной фиксацией всех действий;
- на уровне профессиональных компетенций (практическое применение) — стажировки с выполнением реальных операций на учебно-производственных макетах под руководством опытных наставников.

Опишем подробнее выделенные уровни, методику формирования компетенций и критерии их оценки.

Учебные компетенции формируют базовый уровень трехуровневой системы оценки подготовки специалистов атомной отрасли, обеспечивая фундаментальные знания в области ядерной физики, термодинамики и материаловедения. Теоретическая подготовка строится на научно-методологическом фундаменте с физико-математическим ядром, предполагая углубленное изучение нейтронно-физических процессов, включая диффузионное приближение и теорию переноса нейтронов. Особое внимание уделяется освоению методов расчета критичности активной зоны, пространственного распределения энерговыделения и динамики реактивности при различных режимах работы реактора.

Современные образовательные технологии интегрированы в процесс формирования компетенций через цифровые симуляторы на базе ANSYS Fluent, моделирующие аварийные режимы работы реакторной установки, включая потерю теплоносителя (LOCA). Адаптивная система обучения, основанная на алгоритмах теории Item Response Theory, обеспечивает персонализированный подход через динамическую корректировку сложности заданий. Ключевым аспектом методики является ранняя интеграция теоретических знаний с практическими навыками, где каждый теоретический модуль подкрепляется решением прикладных задач и анализом производственных кейсов.

Система обратной связи трансформирует оценку из формального контроля в инструмент профессионального роста, предоставляя детальный разбор ошибок и персональные рекомендации. Динамическая адаптивность системы проявляется в регулярном обновлении учебных планов с интеграцией новейших технологических решений (ВВЭР-1200), актуальных требований МАГАТЭ и WANO, а также оперативного опыта эксплуатации АЭС.

Формируемые компетенции представляют собой целостную систему, объединяющую фундаментальные знания, прикладные навыки работы с профессиональным ПО и методологические компетенции анализа информации. Оценка реализуется через балльно-рейтинговую модель с дифференцированными критериями: точность расчетов (30%), глубина анализа (25%), скорость решения (15%), качество отчетов (10%) и защита перед комиссией (20%) с установленными минимальными порогами. Комплексный подход обеспечивает достоверное измерение уровня подготовки и успешную профессиональную адаптацию выпускников в атомной отрасли.

Квазипрофессиональные компетенции формируются в системе симуляционного обучения специалистов атомной энергетики, выступая связующим звеном между теоретической подготовкой и практической деятельностью. Основу обучения составляют VR-тренажеры полного цикла с цифровыми двойниками реакторов ВВЭР-1200, обеспечивающие мониторинг 5000 параметров в реальном времени и отработку всех режимов работы — от штатной эксплуатации до аварийных ситуаций, включая потерю теплоносителя (ЛОСА), с точностью моделирования 98%. Особое внимание уделяется сложным аварийным сценариям, таким как потеря питательной воды, где оператор должен восстановить уровень воды в барабанах-сепараторах за 8 минут.

Физические макеты критических систем, включая учебный стенд системы аварийного охлаждения зоны ВВЭР с реальным оборудованием, обеспечивают отработку действий при авариях с точностью 95%. Критерии оценки отличаются строгостью: время выполнения операций не должно превышать 4 минуты, а ошибки в последовательности действий квалифицируются как критическое нарушение.

Современные тренажерные комплексы интегрируют технологии виртуальной и дополненной реальности с тактильными костюмами, обеспечивающими физическое ощущение изменений рабочих параметров. Методика оценки представляет собой многоуровневую систему, учитывающую технические параметры (точность, скорость)

и мягкие навыки (командное взаимодействие, стрессоустойчивость). Цифровой профиль обучаемого фиксирует все параметры выполнения заданий для анализа динамики и коррекции программы.

Статистические данные свидетельствуют о сокращении количества ошибок при переходе к реальной практике на 40–45% по сравнению с традиционными методами. Перспективы развития предложенной модели формирования и оценки профессиональных компетенций связаны с созданием комплексных цифровых двойников атомной станции и внедрением ИИ для генерации адаптивных тренировочных сценариев.

Профессиональные компетенции формируются в производственной практике в атомной энергетике. Формирование профессиональных компетенций специалистов атомной отрасли завершается этапом производственной практики на действующих энергоблоках. Данный процесс начинается с процедуры допуска, включающей тестирование по Правилам технической эксплуатации с минимальным проходным порогом 70%, что гарантирует необходимый объем теоретических знаний по вопросам радиационной безопасности, устройства реактора и алгоритмов действий в нештатных ситуациях.

В ходе практики стажеры выполняют комплекс типовых заданий, направленных на поэтапное освоение профессиональных навыков. Ключевым элементом является мониторинг вибрации главных циркуляционных насосов — критически важного оборудования, обеспечивающего теплоотвод от активной зоны реактора. Практиканты осваивают работу с вибродиагностическим оборудованием, анализ спектров вибрации и идентификацию отклонений от нормы, где допустимый уровень не должен превышать 50 мкм.

Особое значение приобретает участие в перегрузке топлива — сложной технологической операции, выполняемой при плановых остановках энергоблока. Стажеры получают практический опыт визуального контроля геометрии топливных кассет, проверки их целостности и правильности позиционирования в активной зоне. Все операции осуществляются под постоянным контролем опытных наставников при строгом соблюдении требований радиационной безопасности, что обеспечивает формирование полноценных профессиональных компетенций, необходимых для дальнейшей работы в атомной отрасли.

Система оценки профессиональных компетенций в период производственной практики реализуется через метод 360°, обеспечивающий комплексный анализ навыков и качеств стажера. Ключевым

инструментом данной системы выступает структурированная анкета наставника, содержащая множество параметров оценки по 10-балльной шкале. Параметр «Знание схемы турбины» обычно оценивается в 8–9 баллов, демонстрируя достаточный уровень теоретической подготовки, тогда как «Культура безопасности» последовательно получает максимальную оценку, отражая абсолютный приоритет данного аспекта в атомной энергетике.

Сравнительный анализ трехуровневой матрицы оценки профессиональных компетенций с подходами других авторов

В контексте развития компетентностной парадигмы в профессиональном образовании разработка интегрированных оценочных инструментов приобретает особую актуальность. В нашей работе представлена трехуровневая матрица, организующая оценку компетенций по академическому (теоретическая подготовка), квазипрофессиональному (моделирование деятельности) и профессиональному (практическое применение) уровням. Модель интегрирует ресурсы базовых кафедр, междисциплинарные курсы и фонд оценочных средств. Хотя полноценная эмпирическая апробация в контролируемом эксперименте с пред- и посттестированием не проводилась, представление модели научному сообществу позволяет организовать ее апробацию в различных вузах атомной отрасли (НИЯУ МИФИ, ТПУ, УрФУ) для последующего сравнительного анализа.

Проведем сравнение разрабатываемой модели с другими подходами (Стручкова, 2022; Афанасьева, 2024; Аглямова, 2023) по критериям структурной организации, методологических основ, эмпирической базы и практической применимости, что определяет потенциал ее дальнейшего развития.

Подход Е.П. Стручковой системно использует профессиональные стандарты (ПС) для гармонизации образовательных программ с требованиями рынка труда (Стручкова, 2022). В работе обосновывается проблема разрыва (Стручкова, 2022, с. 19), эволюция ПС (Стручкова, 2022, с. 58) и анализируется сопряжение стандартов при разработке программ (Стручкова, 2022, с. 87–100). Структурно модель горизонтальна, где ПС служат механизмом интеграции (Стручкова, 2022, с. 112).

Предлагаемая трехуровневая матрица дополняет этот подход, вводя вертикальную прогрессию: академический уровень диагностирует теорию, а квазипрофессиональный выявляет пробелы через симуляции. Обе концепции методологически основаны на компетентностной парадигме (Зимняя, 2009), однако акцент на

институциональных аспектах мог бы обогатить матрицу при ее межвузовской апробации. Эмпирические данные Е.П. Стручковой, включающие анализ несоответствий (34,5%), подтверждают актуальность проблемы, выявленной в настоящем исследовании. Универсальность и ориентация на масштабирование подхода Е.П. Стручковой делают его идеальной основой для операционализации трехуровневой матрицы в других образовательных контекстах.

Структурно-функциональная модель И.Г. Афанасьевой, предложенная в исследовании «Формирование универсальных компетенций студентов технического вуза для профессиональной деятельности в условиях цифровой экономики», фокусируется на интеграции универсальных компетенций (самообучение, критическое мышление) в цифровую среду (Афанасьева, 2024, с. 69–142). Автором определяются компоненты цифровой компетентности, ее условия и проводится анализ эффективности с экспериментом. Модель представляет целостную схему с функциональными блоками (Афанасьева, 2024, с. 88–118), где оценка встроена в процесс. Модельный подход, развиваемый в настоящей работе, выявляя дефицит навыков через анализ успеваемости, гармонично дополняется универсальными компетенциями И.Г. Афанасьевой, особенно в части цифровых тренажеров. Методологически сходны: системный анализ и опора на обзор (Groenier et al., 2025). Эмпирическая база И.Г. Афанасьевой включает прирост компетенций (Афанасьева, 2024, с. 118–142), что служит ориентиром для будущей апробации матрицы. Практическая применимость модели Афанасьевой высока для технических вузов; ее цифровые элементы могут быть интегрированы в матрицу при тестировании в других университетах (ТПУ, УрФУ), усиливая адаптивность.

Технология комплексной поэтапной оценки З.Ш. Агямовой акцентирует многоэтапность процесса (Агямова, 2023), раскрывая его сущность, условия и экспериментальную верификацию. Ее подход, включающий мониторинг с использованием ФОС, концептуально близок трехуровневой структуре матрицы. Если модель настоящего исследования диагностирует проблему на академическом уровне, то поэтапный мониторинг З.Ш. Агямовой мог бы структурировать ее эмпирическую апробацию. Методологически оба подхода опираются на ФГОС и экспериментальный дизайн, а эмпирическая база З.Ш. Агямовой, демонстрирующая прирост уровней сформированности компетенций (Агямова, 2023, с. 199–202), служит важным ориентиром. Практическая универсальность этой технологии предлагает матрице готовый модуль для поэтапной верификации в других университетах.

Таким образом, трехуровневая модель эффективно диагностирует разрыв «теория — практика», органично дополняясь горизонтальной интеграцией Е.П. Стручковой, функциональными решениями И.Г. Афанасьевой и поэтапностью З.Ш. Аглямовой. Ее презентация на данном этапе оправдана необходимостью широкого профессионального обсуждения, что стимулирует апробацию в вузах (НИЯУ МИФИ, ТПУ) и последующий сравнительный анализ для обогащения модели.

Обсуждение результатов

Проведенный анализ подходов к классификации профессиональных компетенций выявил системные противоречия между корпоративными и образовательными практиками. В ответ на это разработана трехуровневая модель формирования и оценки компетенций, интегрирующая вузовскую подготовку с опытом ДПО Нововоронежского филиала Технической академии Росатома. Ключевым элементом реализации модели выступают базовые кафедры, обладающие уникальной материально-технической базой: высокотехнологичные тренажеры, лабораторные стенды и учебно-производственные макеты.

Особенность модели заключается в последовательном усложнении учебных задач — от работы с отдельными элементами оборудования до управления комплексными системами, что обеспечивает плавный переход от теоретических знаний к профессиональным умениям. Все курсы разработаны с учетом актуальных требований атомной отрасли в сотрудничестве с ведущими специалистами-практиками. Интеграция современных тренажерных комплексов и физических макетов в образовательный процесс позволяет минимизировать разрыв между академической подготовкой и практическими требованиями рабочей среды, гарантируя высокий уровень профессиональной готовности выпускников.

Предложенная трехуровневая система реализует комплексный подход к оценке компетенций на уровне учебных компетенций, квазипрофессиональных компетенций и профессиональных компетенций. Реализация модели создает прочную основу для формирования и оценки профессиональных компетенций, обеспечивая поэтапный и контролируемый переход от учебной деятельности к реальной профессиональной работе на атомных станциях.

Выводы

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная интегративная модель формирования и оценки профессиональных компетенций специалистов атомной отрасли демонстрирует значительный потенциал для преодоления разрыва между теоретической подготовкой студентов и практическими требованиями высокотехнологичных предприятий. Несмотря на то, что полноценная апробация модели запланирована на 2026 г. в рамках магистратуры направления 14.04.02, ее теоретический фундамент, включающий трехуровневую систему оценки, органично дополняет научные подходы, представленные в других работах (Стручкова, 2022; Афанасьева, 2024). Это создает прочную основу для последующей эмпирической валидации в межвузовском контексте.
2. Проведенный анализ академических результатов (средний балл 4,78–4,91) подтверждает устойчивый дефицит практических навыков у выпускников. При сравнительном анализе с результатами других исследований (например, Аглямова, 2023) установлено, что предлагаемая модель обеспечивает более глубокую отраслевую адаптацию для атомной энергетики, однако требует разработки комплексной системы количественных метрик эффективности, аналогичных применяемым в мониторинге сформированности компетенций.
3. Перспективы развития модели связаны с интеграцией дополнительного профессионального образования и современных цифровых инструментов, включая цифровые двойники и адаптивные тренажеры. Данное направление полностью согласуется с организационно-педагогическими условиями, обозначенными в работе И.Г. Афанасьевой (Афанасьева, 2024), и концепцией расширения сферы профессиональных стандартов (Стручкова, 2022). Ограниченный объем выборки ($n = 22$) подтверждает необходимость развития межвузовского сотрудничества для получения репрезентативных данных.

4. Представленная работа вносит существенный вклад в развитие компетентностного подхода, успешно интегрируя концептуальные положения сходных исследований (Стручкова, 2022, Афанасьева, 2024; Аглямова, 2023). Демонстрация модели на текущей стадии разработки создает теоретическую основу для ее последующей апробации в ведущих вузах атомной отрасли с последующей верификацией практической эффективности и возможной корректировкой.

Применение результатов

После успешной апробации полученные результаты могут быть применены для разработки корпоративных образовательных программ в Госкорпорации «Росатом» и других организациях атомной отрасли, где предлагаемая трехуровневая система оценки компетенций может быть интегрирована в существующие системы сертификации персонала. Внедрение данной системы позволит автоматизировать мониторинг уровня сформированности профессиональных компетенций и существенно повысить безопасность эксплуатации объектов. Кроме того, выводы, сформулированные в статье, могут лечь в основу рекомендаций по актуализации федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО). В частности, предлагается рассмотреть возможность обязательного включения в образовательные программы практико-ориентированных модулей, построенных по предложенной трехуровневой матрице, а также активное внедрение цифровых инструментов формирования и оценки компетенций.

Список литературы

Аглямова, З.Ш. (2023). Проектирование технологии комплексной поэтапной оценки компетенций обучающихся в условиях реализации ФГОС ВО: дисс. канд. пед. наук. Казань.

Андреева, Т.А. (2017). Уровень подготовки выпускников вузов в соответствии с образовательными стандартами и требования руководителей крупных промышленных предприятий: сравнительный анализ. *Экономика и управление*, (12), 70–75.

Антонова, М.В., Замкин, П.В. (2025). Влияние практико-ориентированной исследовательской деятельности на профессиональное самоопределение студентов. *Образование и наука*, 27(4), 42–73. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2025-4-42-73>

Афанасьева, И.Г. (2024). Формирование универсальных компетенций студентов технического вуза для профессиональной деятельности в условиях цифровой экономики: дисс. канд. пед. наук. Томск.

Байденко, В.И. (2004). Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентностного подхода). *Высшее образование в России*, (11), 3–13.

Гмурман, В.Е. (2020). Теория вероятностей и математическая статистика. 12-е изд. Учебник для вузов. Москва: Изд-во «Юрайт».

Головина, И.В., Халадов, Х.С., Медведева, Т.Ю., Папуткова, Г.А., Милехин, А.В. (2024). Модель промежуточной аттестации профессиональных компетенций будущих учителей. *Образование и наука*, 26(4), 46–67. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2024-4-46-67>

Зимняя, И.А. (2009). Ключевые компетенции — новая парадигма результата образования. *Теория инновационной и экспериментальной деятельности*, (2), 7–14.

Сагитова, Р.Р. (2010). Формирование самообразовательной компетенции студентов вуза в контексте новой парадигмы образования. *Казанский педагогический журнал*, (4), 27–34.

Солнцев, А.В., Гребенев, И.В., Любашевский, Д.Е. (2025a). Совершенствование образовательных программ для подготовки кадров в атомной отрасли с учетом актуальных учебных курсов организаций отрасли ДПО. *Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, 2(78), 296–300.

Солнцев, А.В., Иванченко, А.И., Зинатулина, Д.Р. (2025b). Методы разрушающего и неразрушающего контроля: учебное пособие. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та.

Солнцев, А.В., Иванченко, А.И., Любашевский, Д.Е. (2025c). Автоматические системы управления технологическим процессом на АЭС: учебное пособие. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та.

Солнцев, А.В., Иванченко, А.И., Любашевский, Д.Е. (2025d). Термогидравлическое оборудование АЭС: учебное пособие. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та.

Солнцев, А.В., Иванченко, А.И., Любашевский, Д.Е. (2025e). Электрическое оборудование АЭС: учебное пособие. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та.

Стручкова, Е.П. (2022). Профессиональные стандарты как инструмент сопряжения высшего образования и сферы труда: дисс. канд. пед. наук. Москва.

Субетто, А.И. (2021). «Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов» в моей творческой жизни: эссе. Санкт-Петербург: Изд-во «Астерион».

Хеннер, Е.К. (2018). Профессиональные знания и профессиональные компетенции в высшем образовании. *Образование и наука*, 20(2), 9–31. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-2-9-31>

Bouw, E., Zitter, I., de Bruijn, E. (2019). Characteristics of learning environments at the boundary between school and work — A literature review. *Educational Research Review*, 26, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.12.002>

Brands, S., Endedijk, M.D., Kollöffel, B., Savelsbergh, E.R. (2025). Exploring professional vision of vet students and tutors: noticing, evaluating and reasoning about practice. *Vocations and Learning*, 18, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12186-025-09375-4>

Cumming, G. (2008). Replication and p intervals: p values predict the future only vaguely, but confidence intervals do much better. *Perspectives on Psychological Science*, 3(4), 286–300.

Ferm, L. (2021). Vocational students' ways of handling the academic/vocational divide. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 8(1), 1–20. <https://doi.org/10.13152/IJRVET.8.1.1>

Groenier, M., Khaled, A., Kamphorst, J., Tankink, T., Endedijk, M., Fluit, C., Kuijer-Siebelink, W. (2025). Adaptive expertise development during work-based learning in higher education: A realist review. *Vocations and Learning*, 18(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s12186-025-09366-5>

Guerrero Chanduvi, D., De Los Rios, I. (2012). Professional competences: a classification of international models. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 46, 1290–1296. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.290>

McClelland, D.C. (1973). Testing for Competence rather than for “Intelligence”. *American Psychologist*, 28(1), 1–14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>

References

Afanasyeva, I.G. (2024). Formation of Universal Competencies of Students of a Technical University for Professional Activity in the Digital Economy: Diss. Cand. of Pedagogical Sciences. Tomsk. (In Russ.)

Aglyamova, Z.Sh. (2023). Designing a Technology for a Comprehensive Step-by-Step Assessment of Students' Competencies in the Context of Implementing the Federal State Educational Standard of Higher Education: Diss. Cand. Sci. (Pedagogy). Kazan. (In Russ.)

Andreeva, T.A. (2017). The Level of Training of University Graduates in Accordance with Educational Standards and the Requirements of Managers of Large Industrial Enterprises: A Comparative Analysis. *Economics and Management*, (12), 70–75. (In Russ.)

Antonova, M.V., Zamkin, P.V. (2025). The Impact of Practice-Oriented Research Activities on Students' Professional Self-Determination. *Education and Science*, 27(4), 42–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2025-4-42-73>

Baidenko, V.I. (2004). Competencies in Professional Education (Towards Mastering the Competency-Based Approach). *Higher Education in Russia*, (11), 3–13. (In Russ.)

Bouw, E., Zitter, I., de Bruijn, E. (2019). Characteristics of learning environments at the boundary between school and work — A literature review. *Educational Research Review*, 26, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.12.002>

Brands, S., Endedijk, M.D., Kollöffel, B., Savelsbergh, E.R. (2025). Exploring professional vision of vet students and tutors: noticing, evaluating and reasoning

about practice. *Vocations and Learning*, 18, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12186-025-09375-4>

Cumming, G. (2008). Replication and p intervals: p values predict the future only vaguely, but confidence intervals do much better. *Perspectives on Psychological Science*, 3(4), 286–300.

Ferm, L. (2021). Vocational students' ways of handling the academic/vocational divide. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 8(1), 1–20. <https://doi.org/10.13152/IJRJET.8.1.1>

Gmurman, V.E. (2020). Probability Theory and Mathematical Statistics. 12th ed. Textbook for Universities. Moscow: Yurait Publ. (In Russ.)

Golovina, I.V., Khaladov, Kh.S., Medvedeva, T.Yu., Paputkova, G.A., Milekhin, A.V. (2024). Model of Interim Assessment of Professional Competencies of Future Teachers. *Education and Science*, 26(4), 46-67. (In Russ.). <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2024-4-46-67>

Groenier, M., Khaled, A., Kamphorst, J., Tankink, T., Endedijk, M., Fluit, C., Kuijer-Siebelink, W. (2025). Adaptive expertise development during work-based learning in higher education: A realist review. *Vocations and Learning*, 18(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s12186-025-09366-5>

Guerrero Chanduví, D., De Los Rios, I. (2012). Professional competences: a classification of international models. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 46, 1290–1296. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.290>

Henner, E.K. (2018). Professional Knowledge and Professional Competencies in Higher Education. *Education and Science*, 20(2), 9–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-2-9-31>

McClelland, D.C. (1973). Testing for Competence rather than for “Intelligence”. *American Psychologist*, 28(1), 1–14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>

Sagitova, R.R. (2010). Formation of Self-Educational Competence of University Students in the Context of a New Education Paradigm. *Kazan Pedagogical Journal*, (4), 27–34. (In Russ.)

Solntsev, A.V., Grebenev, I.V., Lyubashevsky, D.E. (2025a). Improving Educational Programs for Training Personnel in the Nuclear Industry Taking into Account Current Curriculums of Continuing Professional Education Organizations. *Bulletin of the Lobachevsky University of Nizhny Novgorod. Series: Social Sciences*, 2(78), 296–300. (In Russ.)

Solntsev, A.V., Ivanchenko, A.I., Lyubashevsky, D.E. (2025c). Automatic Process Control Systems at Nuclear Power Plants: A Tutorial. Voronezh: Voronezh State University Publ. (In Russ.)

Solntsev, A.V., Ivanchenko, A.I., Lyubashevsky, D.E. (2025d). Thermal-Hydraulic Equipment of Nuclear Power Plants: A Tutorial. Voronezh State University Publ. (In Russ.)

Solntsev, A.V., Ivanchenko, A.I., Lyubashevsky, D.E. (2025e). Electrical Equipment of Nuclear Power Plants: A Textbook. Voronezh: Voronezh State University Publ. (In Russ.)

Solntsev, A.V., Ivanchenko, A.I., Zinatulina, D.R. (2025b). *Methods of Destructive and Non-Destructive Testing: A Tutorial*. Voronezh: Voronezh State University Publ. (In Russ.)

Struchkova, E.P. (2022). *Professional Standards as a Tool for Linking Higher Education and the World of Work: Cand. Sci. (Pedagogy) Dissertation*. Moscow. (In Russ.)

Subetto, A.I. (2021). "Research Center for Problems of the Quality of Specialist Training" in My Creative Life: An Essay. Saint Petersburg: Asterion Publ. (In Russ.)

Zimnyaya, I. A. (2009). Key Competencies: A New Paradigm of Educational Outcomes. *Theory of Innovative and Experimental Activity*, (2), 7–14. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрей Владимирович Солнцев, проректор-директор Технической академии Росатома, Нововоронежский филиал, Нововоронеж, Российская Федерация, aivivanchenko@rosatom.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9070-5900>

Игорь Васильевич Гребнев, доктор педагогических наук, профессор кафедры кристаллографии и экспериментальной физики Нижегородского государственного университета, Нижний Новгород, Российская Федерация, grebenev@phys.unn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2900-6364>

Дмитрий Евгеньевич Любашевский, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры ядерной физики Воронежского государственного университета, Воронеж, Российская Федерация, dima_physicist@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8975-7194>

ABOUT THE AUTHORS

Andrey V. Solntsev, Vice-Rector-Director of Rosatom Technical Academy, Novovoronezh Branch, Novovoronezh, Russian Federation, aivivanchenko@rosatom.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9070-5900>

Igor V. Grebenev, Dr. Sci. (Pedagogy), Professor, Department of Crystallography and Experimental Physics, Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation, grebenev@phys.unn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2900-6364>

Dmitry E. Lyubashevsky, Dr. Sci. (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor, Professor of the Department of Nuclear Physics, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, dima_physicist@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8975-7194>

Поступила 03.10.2025. Получена после доработки 10.11.2025. Принята в печать 21.12.2025.
Received 03.10.2025. Revised 10.11.2025. Accepted 21.12.2025.