

УДК: 378.147:622.276

Мухаммадиев Рубин Таштимирович, кандидат технических наук по специальности «нефтехимия», доцент, эксперт, консультант по развитию промышленной безопасности, преподаватель АНО ДПО «Институт перспективных исследований и педагогических инноваций»

e-mail: rubintash9@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЯ СКВОЗНОГО ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОФИЛЯ: СИНЕРГИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье представлена разработка и экспериментальная верификация методологии сквозного проектного обучения в системе дополнительного профессионального образования (ДПО) нефтегазового профиля. Ключевая идея подхода — интеграция четырёх содержательных технологий (оптимизация технологических процессов, водородные технологии, HAZOP-анализ, повышение ценности проектов) вокруг единой сквозной проектной задачи, имитирующей реальную производственную ситуацию. Такая конструкция обеспечивает синергетический эффект: за счёт межмодульных связей формируются интегративные профессиональные компетенции, которые не возникают при изолированном освоении дисциплин. В работе раскрыты теоретико-методологические основания подхода (компетентностный и деятельностный подходы, андрагогика, теория систем), описана структурная модель (целевой, содержательный, процессуальный и результативный уровни), а также приведены результаты пилотной апробации на выборке из 48 специалистов (инженеры и руководители проектов). Эксперимент реализован по квазиэкспериментальному дизайну (pretest–posttest) с выделением экспериментальной и контрольной групп. Эффективность методологии оценивалась по критериям компетентностного прироста, качества проектных решений (по экспертным шкалам) и удовлетворённости слушателей. Статистический анализ (t-критерий Стьюдента, критерий Манна–Уитни) подтвердил достоверное превосходство экспериментальной группы по всем показателям ($p < 0,001$), наиболее выраженный эффект зафиксирован в областях HAZOP и водородных технологий. Полученные результаты демонстрируют, что сквозная проектная логика позволяет

преодолеть фрагментарность традиционного ДПО и сформировать у специалистов системное видение проекта, в котором технологические, риск-ориентированные и экономические аспекты рассматриваются как единая взаимосвязанная система. Практическая значимость исследования состоит в возможности тиражирования предложенной модели образовательными и корпоративными учебными центрами нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: сквозное проектное обучение, дополнительное профессиональное образование (ДПО), нефтегазовый профиль, водородные технологии, HAZOP-анализ, технология повышения ценности проекта, технология системной оптимизации, профессиональные компетенции, синергетический эффект.

Abstract. This article presents the development and experimental verification of a cross-cutting project-based learning methodology in the system of continuing professional education (CPE) in the oil and gas industry. The key idea of the approach is the integration of four content modules (process optimization, hydrogen technologies, HAZOP analysis, and project value enhancement) around a single cross-cutting project task simulating a real-life production situation. This design ensures a synergistic effect: intermodular connections foster integrative professional competencies that do not arise from the isolated mastery of disciplines. The paper reveals the theoretical and methodological foundations of the approach (competency-based and activity-based approaches, andragogy, and systems theory), describes the structural model (target, content, process, and performance levels), and presents the results of a pilot test on a sample of 48 specialists (engineers and project managers). The experiment was implemented using a quasi-experimental design (pretest–posttest) with the identification of experimental and control groups. The effectiveness of the methodology was assessed using the criteria of competency gain, quality of project solutions (based on expert scales), and student satisfaction. Statistical analysis (Student's t-test, Mann-Whitney U-test) confirmed the significant superiority of the experimental group across all indicators ($p < 0.001$), with the most pronounced effect observed in the areas of HAZOP and hydrogen technologies. The results demonstrate that an end-to-end project logic helps overcome the fragmentation of traditional continuing education and develop a systemic project vision among specialists, in which technological, risk-based, and economic aspects are considered as a single, interconnected system. The practical significance of the study lies in the potential for replication of the proposed model by educational and corporate training centers in the oil and gas industry.

Key words: end-to-end project-based learning, additional professional education (APE), oil and gas profile, hydrogen technologies, HAZOP analysis, increasing project value, system optimization, professional competencies, synergistic effect.

Актуальность. Нефтегазовый комплекс (НГК) выступает системообразующим сектором российской экономики, испытывающим комплексное воздействие трансформационных вызовов: глобального энергетического перехода, политики декарбонизации, развития водородной энергетики, цифровизации производства и ужесточения требований промышленной безопасности. Указанные факторы обуславливают трансформацию профессиональной деятельности инженеров и руководителей проектов, предъявляя к ним требования владения не только узкопрофильными техническими компетенциями, но и способностями к системной инженерной деятельности, интегрирующей технологические, риск-ориентированные и управленческие компоненты в рамках единой проектной логики.

В этих условиях традиционная модель дополнительного профессионального образования (ДПО), основанная на линейной передаче знаний по изолированным дисциплинам, демонстрирует ограниченную эффективность в формировании интегративных компетенций, востребованных в современной производственной практике. В частности, раздельное освоение таких направлений, как водородные технологии, анализ рисков (HAZOP), оптимизация процессов и управление ценностью проектов, не обеспечивает целостного видения профессиональной задачи и затрудняет перенос компетенций в реальную деятельность.

Актуальность исследования обусловлена несколькими факторами:

- Потребность в кадрах нового типа. Отрасли нужны специалисты, которые умеют работать на стыке дисциплин: применять водородные решения, оценивать риски с помощью HAZOP, одновременно оптимизируя экономику проекта.

- Гибкость для работающих специалистов. Онлайн-формат позволяет инженерам, менеджерам, технологам повышать квалификацию без отрыва от работы, что критически важно в условиях необходимости непрерывного обучения.
- Подготовка к вызовам. Акцент на системной оптимизации и повышении ценности проекта отвечает запросу на устойчивое развитие и снижение углеродного следа — темы, которые будут только набирать вес.

В связи с этим актуализируется необходимость разработки и эмпирической верификации методологии сквозного проектного обучения, в которой совокупность содержательно взаимосвязанных образовательных модулей интегрирована единой сквозной проектной задачей, моделирующей реальную производственную ситуацию. Такой подход потенциально позволяет реализовать синергетический эффект за счёт объединения технологических, безопасных и экономических аспектов обучения в единую компетентностную систему.

АНО ДПО «Институт перспективных исследований и педагогических инноваций» (ректор Л.Р. Храпаль), действуя как флагманский центр дополнительного профессионального образования, задает новые стандарты подготовки кадров для нефтегазового сектора. В рамках программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки институт успешно внедряет передовую методологию сквозного проектного обучения. Этот подход усиливается уникальной синергией: интеграция перспективных водородных технологий объединяется с глубоким Risk-анализом (HAZOP) для обеспечения максимальной промышленной безопасности.

Внедрение методологии сквозного проектного обучения выступает эффективным инструментом снижения операционных рисков и оптимизации бизнес-процессов предприятий сектора. В рамках программ повышения квалификации и переподготовки специалисты моделируют сквозные индустриальные проекты, где экономическая выгода для бизнеса достигается

за счет минимизации вероятности аварийных ситуаций, сокращения издержек на этапе проектирования и ускоренного внедрения инновационных решений. [10].

Программы онлайн-обучения по данным направлениям в нефтегазовой промышленности стран СНГ обладают критически высокой актуальностью, обусловленной дефицитом локальных экспертных кадров, жесткими требованиями к промышленной безопасности и необходимостью глубокой модернизации НПЗ/ГПЗ. Дистанционный формат позволяет нефтегазовым холдингам СНГ (таким как: Газпром нефть, КазМунайГаз, SOCAR, Узбекнефтегаз) массово и без отрыва от производства обучать специалистов на удаленных объектах. [1]

Рассмотрим актуальность и востребованность разработанных нами авторских курсов.

1. Водородные технологии: применение на НПЗ и ГПЗ

- Контекст СНГ: в странах содружества активно внедряются национальные водородные стратегии. На нефтеперерабатывающих (НПЗ) и газоперерабатывающих (ГПЗ) заводах водород традиционно используется для процессов гидроочистки и гидрокрекинга. [11]
- Запрос на обучение: существует острая нехватка инженеров, способных проектировать и эксплуатировать установки «зеленого» и «голубого» водорода, а также внедрять технологии улавливания и хранения углерода (CCUS).
- Онлайн-ценность: дистанционные курсы позволяют оперативно перенимать международные кейсы и технологические стандарты (например, по производству водорода методом паровой конверсии метана с минимальным углеродным следом).

2. Система HAZOP: безопасность и человеческий фактор

- Контекст СНГ: переход от реактивной модели безопасности к риск-ориентированному подходу стал обязательным стандартом для Ростехнадзора (РФ), МЧС Казахстана и других регуляторов СНГ. [1]

- Запрос на обучение: метод анализа опасностей и работоспособности (HAZOP) активно внедряется при проектировании и реконструкции объектов. Обучение направлено на подготовку председателей (Facilitators) сессий HAZOP, умеющих выявлять сценарии отказов из-за ошибок персонала. [1]
- Онлайн-ценность: использование интерактивных симуляторов, VR-тренажеров и разбор реальных инцидентов в СНГ в режиме онлайн-вебинаров позволяют отработать навыки фасилитации без выезда на площадки. [4,11]

3. Повышение ценности проектов (Value Improvement Practices — VIPs)

- Контекст СНГ: в условиях санкционного давления, изменения логистических цепочек и волатильности цен на энергоресурсы, нефтегазовые компании СНГ вынуждены пересматривать капитальные затраты (CAPEX) на мегапроекты.
- Запрос на обучение: практики VIPs (упрощение технологических схем, оптимизация спецификаций, стоимостной инжиниринг) позволяют сократить стоимость инвестиционных проектов на 10–20% еще на этапе проектирования (FEL/FEED).
- Онлайн-ценность: онлайн-курсы по этой тематике обычно строятся вокруг методологии интегрированного управления проектами (в стиле Stage-Gate). Команды из разных городов (проектировщики, закупщики, финансисты) могут обучаться на единой цифровой платформе, выполняя сквозной проект для своего предприятия.

4. Оптимизация процессов, снижение затрат и качество продукции

- Контекст СНГ: модернизация НПЗ/ГПЗ в СНГ направлена на увеличение глубины переработки нефти, переход на стандарты Евро-5/Евро-6 и импортозамещение катализаторов и присадок.
- Запрос на обучение: инженерам-технологам требуются знания в области цифровых двойников (Digital Twins), внедрения систем

продвинутого управления технологическим процессом (APC/СУУТП) и инструментов Advanced Analytics.

- Онлайн-ценность: освоение инженерного софта (например, Aspen Hysys, UniSim, Petro-SIM) идеально ложится на онлайн-формат через удаленный доступ к виртуальным рабочим столам и лицензиям. [1, 2, 3,11]

Проблема исследования. Одна из ключевых проблем — **соответствие содержания курсов динамике отрасли.**

Нефтегазовая сфера быстро меняется: внедряются водородные технологии, ужесточаются экологические стандарты, развиваются цифровые двойники и ИИ для моделирования процессов. Часто образовательные программы не успевают за этими трендами, и слушатели получают знания, которые быстро устаревают.

Вторая грань проблемы — **эффективность онлайн-формата.** При всей гибкости есть риск снижения глубины проработки сложных технических тем (например, тонкостей HAZOP-анализа) из-за отсутствия живого лабораторного или полевого контекста.

Также стоит исследовать, как разные форматы подачи контента влияют на усвоение междисциплинарных навыков (синергия технологий, оптимизация).

Цель настоящего исследования — теоретически обосновать и экспериментально верифицировать эффективность методологии сквозного проектного обучения для формирования профессиональных компетенций специалистов нефтегазовой отрасли на материале пилотной апробации четырёх взаимосвязанных программ ДПО (объём каждой — 72 академических часа).

Задачи исследования:

1. Проанализировать современные требования к квалификации специалистов НГК в условиях энергетического перехода.

2. Разработать модель сквозного проектного обучения как целостной методологии ДПО.
3. Спроектировать четыре взаимосвязанные образовательные программы по направлениям: водородные технологии, методология HAZOP, повышение ценности проектов и оптимизация технологических процессов.
4. Провести пилотную экспериментальную апробацию программ на выборке инженеров и руководителей проектов.
5. Оценить эффективность предложенной методологии по критериям компетентностного роста, качества проектных решений и удовлетворённости слушателей.

Гипотеза исследования: сквозное проектное обучение обеспечивает более высокий уровень сформированности профессиональных компетенций, чем традиционный дисциплинарный подход той же трудоёмкости.

Научная новизна исследования состоит в разработке и эмпирическом обосновании концепции сквозного проектного обучения в ДПО нефтегазового профиля как интегративной методологии, обеспечивающей неаддитивный (синергетический) характер формирования компетенций за счёт объединения модулей вокруг единой проектной задачи.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии методологии ДПО высокотехнологичных отраслей и раскрытии механизмов реализации синергетического эффекта в корпоративном обучении.

Практическая значимость состоит в возможности непосредственного внедрения разработанных программ и методического инструментария в деятельность образовательных и корпоративных учебных центров НГК.

Состояние исследованности и теоретико-методологическая база. Методологическим фундаментом проектирования программ ДПО для взрослых специалистов выступает компетентностный подход, реализуемый в парадигме андрагогики. Ключевой вклад в её формирование внёс М. Ш. Ноулз, обосновавший специфику обучения взрослых, включающую

опору на профессиональный опыт, ориентацию на практическую применимость знаний, самомотивацию и ответственность за результат. [6]

Для ДПО нефтегазового профиля эти принципы имеют принципиальное значение: слушатели — практикующие специалисты с выраженным профессиональным опытом и конкретными производственными задачами. Соответственно, образовательный процесс должен быть ориентирован на решение реальных задач, а не на трансляцию абстрактных теоретических положений. Синтез компетентностного и деятельностного подходов предопределяет целеполагание обучения: результатом выступает не совокупность знаний и умений, а интегрированные профессиональные компетенции — способность применять освоенные методы для решения классов производственных задач. [2,3,7,8,9]. Эта логика лежит в основе проектирования четырёх программ, рассматриваемых в исследовании.

Водородная энергетика как новый технологический контур отрасли. Водородные технологии рассматриваются как одно из ключевых направлений декарбонизации и энергетического перехода. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), «чистый» водород играет центральную роль в достижении углеродной нейтральности к 2050 году. В Российской Федерации развитие водородной энергетики закреплено в стратегических документах как новое экспортное направление, что формирует потребность в опережающей подготовке кадров.

Для НГК водородная тематика органично встраивается в существующую технологическую культуру: методы получения, хранения и транспортировки водорода пересекаются с технологиями переработки углеводородов, снижая порог входа для отраслевых специалистов. Вместе с тем водород предъявляет повышенные требования к промышленной безопасности (широкие пределы взрываемости, особые условия хранения и транспортировки), что обуславливает необходимость интеграции водородных технологий с риск-ориентированными методами, в первую очередь с HAZOP.

В образовательном контексте курс «Водородные технологии» рассматривается не как изолированная дисциплина, а как проектный модуль, в котором освоение технических основ сочетается с анализом рисков и оценкой экономической целесообразности решений.

Методология HAZOP: генезис и современное состояние. Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) был разработан в 1970-х годах компанией ICI и получил системное научное осмысление в работах Т. А. Клетца, который формализовал его как структурированный метод идентификации отклонений технологических параметров от проектных значений с использованием «руководящих слов» («нет», «больше», «меньше», «обратное» и др.). [5, 18]

В современной практике метод эволюционировал: развиваются компьютерно - поддерживаемые версии HAZOP, интеграция с количественной оценкой риска (QRA), LOPA и управлением рисками на протяжении жизненного цикла объектов [12,15]. При этом сохраняется критическая роль «человеческого фактора»: результативность HAZOP-сессий зависит от компетентности мультидисциплинарной группы и качества принимаемых решений. Это обуславливает востребованность специализированной подготовки HAZOP-специалистов в системе ДПО. Однако в существующих программах метод зачастую преподаётся изолированно, без связи с системной оптимизацией и управлением ценностью проекта, что снижает его интегративный потенциал.

Концепция ценности проекта в управлении проектами. Традиционная парадигма управления проектами, основанная на «тройственном ограничении» (срок — бюджет — содержание), в последние десятилетия дополняется и частично замещается парадигмой управления ценностью проекта (project value management). В работах П. Морриса, Г. Керцнера подчёркивается, что успех проекта целесообразно оценивать не только по соблюдению плановых параметров, но и по величине созданной ценности для заинтересованных сторон и бизнеса.[12,13]

Это смещение акцента имеет принципиальные последствия для ДПО: специалист должен владеть не только инженерными и методологическими инструментами, но и способностью к системной оценке проектов, обоснованию инвестиций и оптимизации решений с учётом полного жизненного цикла и требований всех стейкхолдеров. Разработанный нами курс «Повышение ценности проектов нефтегазовой отрасли» направлен на формирование именно этого блока компетенций.

Системная оптимизация как связующая методология. Объединяющим началом всех модулей выступает идея системной оптимизации — поиска наилучшего варианта решения в условиях многочисленных ограничений и взаимозависимостей. В методологическом плане системная оптимизация опирается на теорию систем, исследование операций и методы математического моделирования. В образовательном контексте она выполняет функцию трансдисциплинарной связки между инженерными и управленческими модулями, формируя у слушателя целостную «картину мира» проекта, где технологическое решение, риск, экономика и безопасность рассматриваются как элементы единой системы.

Модель сквозного проектного обучения: теоретическое конструирование. На основе синтеза указанных подходов разработана структурно-функциональная модель сквозного проектного обучения (Рис.1). Её сущность заключается в том, что четыре тематических модуля интегрируются единой сквозной проектной логикой: обучение строится вокруг выполнения комплексного проектного задания, в котором этапы применения водородных технологий, HAZOP-анализа, оценки и повышения ценности проекта и оптимизации технологических процессов последовательно сменяют друг друга и взаимно обогащаются.

Модель сквозного проектного обучения в ДПО нефтегазового профиля



Рис. 1 - Модель сквозного проектного обучения в дополнительном профессиональном образовании нефтегазового профиля

Структурно-функциональная модель сквозного проектного обучения включает следующие уровни:

Целевой уровень: формирование интегрированных компетенций инженера-проектировщика и руководителя проекта.

Содержательный уровень: четыре взаимосвязанных образовательных модуля.

Процессуальный уровень: сквозная проектная деятельность, проблемно-ориентированное обучение, симуляционные и тренинговые форматы.

Результативный уровень: оценка компетентностного прироста и практической применимости результатов обучения.

Ключевым системообразующим фактором модели выступает единая сквозная проектная задача, которая обеспечивает переход от аддитивного к синергетическому характеру образовательного результата за счёт возникновения эмерджентных свойств — новых компетенций, отсутствующих при изолированном освоении модулей.

Материалы и методы исследования. Дизайн экспериментального исследования. Экспериментальная апробация методологии проводилась в формате пилотного внедрения четырёх программ ДПО.

Исследование имело квазиэкспериментальный дизайн с предварительным и последующим тестированием (pretest–posttest) и включало экспериментальную (ЭГ) и контрольную (КГ) группы.

ЭГ — специалисты, прошедшие обучение по четырём программам в рамках сквозной проектной траектории.

КГ — специалисты сопоставимого уровня подготовки, прошедшие аналогичные по тематике, но изолированные программы без сквозной интеграции.

Выравнивание групп проводилось по уровню базового образования, стажу профессиональной деятельности и исходному уровню компетенций (по данным входного тестирования).

Характеристика целевой аудитории. Целевую аудиторию составили инженеры и руководители проектов предприятий НГК.

В апробации приняли участие 48 специалистов (ЭГ — 24 чел., КГ — 24 чел.). Средний стаж профессиональной деятельности — 9,4 года, что

подтверждает применимость андрагогических принципов организации обучения. (Табл.1).

Таблица 1

Распределение участников эксперимента по категориям должностей

№	Категория должностей	ЭГ (чел.)	КГ (чел.)	Итого (чел.)
1	Инженеры технологических служб	14	14	28
2	Руководители проектов	10	10	20
Всего		24	24	48

Средний стаж профессиональной деятельности участников составил 9,4 года, что соответствует требованиям взрослой аудитории со сложившимся профессиональным опытом и подтверждает применимость принципов андрагогики при организации обучения.

Содержательные параметры образовательных программ. Каждая программа имела объём 72 академических часа: лекции — 24 ч, практические занятия и разбор кейсов — 32 ч, самостоятельная работа — 16 ч. Продолжительность каждой программы — 2 недели, общая продолжительность сквозной траектории — 8 недель.

Программы и формируемые компетенции:

1. «Водородные технологии» - формирование компетенций в области производства, хранения и применения водорода с учётом специфики рисков и интеграции в цепочку создания ценности.
2. «Методологические основы технологии HAZOP в нефтегазовой отрасли» - формирование компетенций проведения HAZOP-анализа в соответствии с IEC 61882.
3. «Повышение ценности проектов нефтегазовой отрасли» - формирование компетенций управления ценностью и выгодами для стейкхолдеров, включая ESG-факторы и экономическую оценку проектов.

4. «Оптимизация технологических процессов в нефтегазовой отрасли» - формирование компетенций системной оптимизации технологических процессов добычи, транспортировки и переработки углеводородов.

Инновационные подходы и технологии ДПО в процессе обучения.

В программах ДПО для нефтегазовой отрасли действительно часто педагоги делают ставку на нестандартные подходы — это помогает преодолеть разрыв между теорией и реальными задачами, а также учитывает специфику онлайн-формата. Мы внедрили для реализации вышеперечисленных и внедряемых нами программ повышения квалификации специалистов несколько креативных и инновационных технологий, которые мы применяем на практике, и рассмотрим, как они работают на конкретных примерах.

Цифровые двойники и симуляции. Вместо пассивного изучения процессов слушатели моделируют целые технологические цепочки — например, цикл разработки месторождения или узел производства водорода. В такой среде можно «ломать» систему: менять параметры, провоцировать отклонения и отрабатывать реакции на них. Это отличная база для тренировки HAZOP: участники в ходе симуляции сами выявляют потенциальные опасности и обсуждают меры защиты, а не просто заучивают алгоритм.

Геймификация. В обучение мы встраиваем игровые механики: систему баллов, уровней, рейтингов, соревнований между командами. Яркий пример — бизнес-симуляции, где команды проходят виртуальный цикл разработки актива, принимая стратегические решения (где бурить, как распределять бюджет, какие меры безопасности внедрять) и видя последствия своих выборов. Такой подход повышает вовлечённость и помогает отрабатывать командное взаимодействие и принятие решений в условиях неопределённости.

VR/AR-тренажёры. Для отработки узкопрофильных, рискованных или дорогостоящих навыков (ремонт скважин, работа с опасным оборудованием, действия в аварийных ситуациях — выброс, пожар) мы

используем иммерсивные среды. Пользователь действует от первого лица, получает визуальную обратную связь об ошибках, может проходить сценарии в режиме обучения (с подсказками), тренировки или экзамена. Это безопасный цифровой полигон, где формируется практический опыт до выхода на реальный объект.

Проектный подход с элементами дизайн-мышления. Вместо разрозненных модулей слушатели работают над сквозным проектом — например, проектируют интегрированную систему, где водородные технологии сочетаются с существующей инфраструктурой предприятия, и одновременно оптимизируют её с учётом экономических и экологических факторов. В процессе применяются инструменты дизайн-мышления: генерация идей, прототипирование, тестирование решений с реальными стейкхолдерами.

Коллаборативные онлайн-инструменты и микрообучение. Для совместной работы (обсуждение рисков в HAZOP-сессиях, мозговые штурмы, взаимная проверка проектов) мы используем специализированные платформы, где можно вести совместные доски, оставлять комментарии, работать с документами в реальном времени. А сложные концепции (принципы системной оптимизации, основы водородной энергетики) подаем короткими блоками — в формате микрообучения (короткие видео, интерактивные карточки), что лучше подходит для ритма онлайн-курса и позволяет учиться в своём темпе. [7,13].

Анализ реальных промышленных кейсов. Вместо абстрактных задач мы разбираем ситуации из практики конкретных компаний. Это может быть разбор уже случившихся инцидентов с применением HAZOP или других методов анализа рисков, либо моделирование будущих проектов с учётом текущих трендов (декарбонизация, переход на водород). Такой подход развивает критическое мышление и учит применять инструменты в контексте реальных бизнес-задач.

Использование ИИ и аналитики обучения. Некоторые платформы внедряют элементы ИИ: адаптивные траектории (курс подстраивается под уровень и темп конкретного слушателя), автоматическую проверку заданий с обратной связью, а также аналитику, которая помогает педагогу отслеживать прогресс и вовремя замечать «слабые места» в освоении материала. [11,12].

Роль педагога в обучении. В онлайн-среде роль преподавателя трансформируется. Он уже не просто лектор, а **фасилитатор, наставник и организатор среды**. Перечислим его конкретные функции:

- *Проектирует педагогический дизайн.* Подбирает инструменты и форматы под сложные междисциплинарные задачи, выстраивает логику курса.
- *Мотивирует и поддерживает самостоятельность.* Помогает слушателям ставить цели, планировать время, преодолевать трудности при работе с цифровыми инструментами.
- *Фасилитирует взаимодействие.* Организует и модерировать обсуждения в чатах, на форумах, в виртуальных рабочих группах, направляет дискуссию, чтобы она была продуктивной. [5].
- *Даёт развёрнутую обратную связь.* Анализирует не только конечный результат проекта, но и процесс: какие стратегии сработали, какие барьеры возникли, как их преодолеть.
- *Выступает экспертом в предметной области.* Обеспечивает актуальность контента, связывает теорию с реальными индустриальными вызовами.
- *Помогает осваивать цифровые инструменты.* Не все слушатели одинаково уверенно чувствуют себя с платформами, симуляторами или инструментами для совместной работы — педагог сглаживает этот барьер. [7,8].

Методы исследования. Для оценки эффективности применялся комплекс методов:

- Педагогическое тестирование (входное и итоговое) уровня сформированности компетенций по четырём предметным областям.
- Метод экспертных оценок качества итоговых проектных работ по критериальным шкалам.
- Анкетирование удовлетворённости слушателей и оценки практической применимости знаний.
- Анализ проектных работ слушателей.
- Статистические методы: описательная статистика, t-критерий Стьюдента, критерий Манна–Уитни.

Критерии и показатели эффективности. Эффективность оценивалась по трём группам критериев:

- Компетентностный рост (ΔK) — прирост интегрального показателя компетенций по результатам итогового тестирования.
- Практическая применимость — экспертная оценка качества проектных работ (шкала 0–100 баллов).
- Удовлетворённость — интегральный показатель удовлетворённости слушателей (шкала 1–5).

Результаты исследования. Результаты входного тестирования. Входное тестирование показало отсутствие достоверных различий между ЭГ и КГ ($p > 0,05$ по всем показателям), что подтверждает корректность выравнивания групп.

Исходный уровень компетенций по водородным технологиям и HAZOP был низким (≈ 32 и ≈ 29 баллов соответственно), что отражает дефицит специализированной подготовки в этих областях. Результаты представлены в Таблице 2.

Статистический анализ показал отсутствие достоверных различий между группами на входе ($p > 0,05$ по всем показателям), что свидетельствует о корректном выравнивании групп и корректности последующего сравнительного анализа.

Таблица 2

Результаты входного тестирования (средние баллы max = 100)

№	Предметная область	ЭГ (среднее $\pm$ σ)	КГ (среднее $\pm$ σ)	Уровень значимости (p)
1	Водородные технологии	31.6 $\pm$ 6.9	32.4 $\pm$ 7.3	0.68
2	Методология HAZOP	28.9 $\pm$ 7.2	29.7 $\pm$ 6.8	0.66
3	Повышение ценности проектов	41.3 $\pm$ 7.9	42.1 $\pm$ 8.2	0.73
4	Оптимизация технологических процессов	54.2 $\pm$ 8.1	55.0 $\pm$ 7.6	0.71

Обращает на себя внимание низкий исходный уровень компетенций по водородным технологиям (≈ 32 балла) и методологии HAZOP (≈ 29 баллов). Это объективно отражает дефицит специализированной подготовки в данных перспективных областях у практикующих инженеров и руководителей проектов, что подтверждает актуальность разработанных программ.

Динамика компетентностного роста по итогам обучения. После завершения обучения было проведено итоговое тестирование по тем же четырём предметным областям. Динамика показателей представлена в таблице 3.

Таблица 3

Результаты итогового тестирования и прирост компетенций (средние баллы, max = 100)

№	Предметная область	ЭГ (итог)	ЭГ (Δ К)	КГ (итог)	КГ (Δ К)	p (ЭГ–КГ)
1	Водородные технологии	87.2	+55.6	66.8	+34.4	< 0.001
2	Методология HAZOP	90.1	+61.2	63.9	+34.2	< 0.001
3	Повышение ценности проектов	85.8	+44.5	74.1	+32.0	< 0.001
4	Оптимизация технологических процессов	89.6	+35.4	78.3	+23.3	< 0.001

Установлено, что обе группы продемонстрировали значимый прирост компетенций по всем предметным областям, что ожидаемо и подтверждает

общую эффективность повышения квалификации. Вместе с тем прирост в экспериментальной группе существенно превышает соответствующий показатель в контрольной группе (Рис.2).

Наиболее выраженный эффект сквозной методологии проявился по областям «Методология HAZOP» (прирост в ЭГ +61,2 балла против +34,2 в КГ) и «Водородные технологии» (+55,6 против +34,4). Различия между группами по всем четырём показателям статистически значимы ($p < 0,001$).

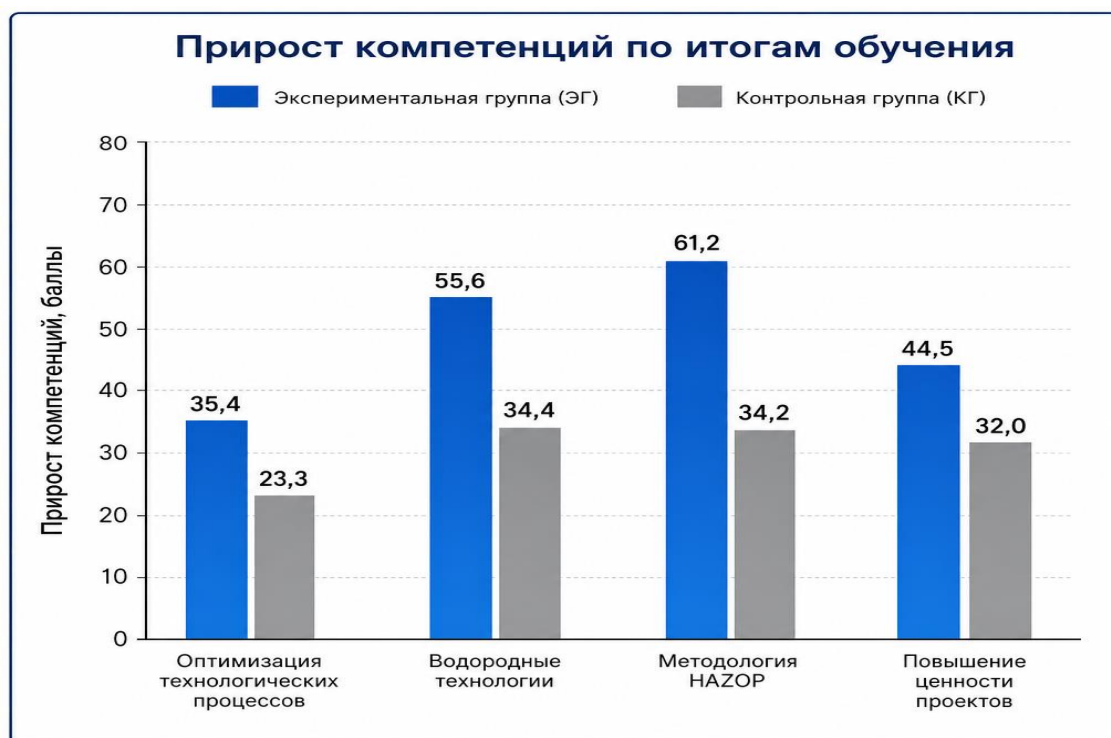


Рис.2 –Прирост компетенций по итогам обучения

Полученные данные свидетельствуют о том, что интеграция курсов в единую сквозную проектную траекторию обеспечивает существенно более глубокое освоение материала по сравнению с изолированным преподаванием, особенно в тех областях, где синергетические межмодульные связи выражены наиболее ярко (водородная энергетика ↔ HAZOP).

Результаты экспертной оценки проектных работ. Качество сформированных практических (проектных) компетенций оценивалось экспертами на основе итоговых проектных работ слушателей по шкале от 0 до 100 баллов (Табл. 4).

Таблица 4

Экспертная оценка итоговых проектных работ (средние баллы, max = 100)

№	Критерий оценки	ЭГ (среднее)	КГ (среднее)	p
1	Комплексность и системность решения	88.4	69.7	< 0.001
2	Корректность применения HAZOP-анализа	90.6	61.2	< 0.001
3	Экономическая обоснованность / ценность решения	84.9	72.3	< 0.001
4	Интеграция технологических и риск-ориентированных решений	87.1	64.8	< 0.001
5	Интегральный показатель	87.8	67.0	< 0.001

Результаты экспертной оценки подтверждают преимущества сквозной методологии: слушатели экспериментальной группы продемонстрировали достоверно более высокий уровень комплексного, системного решения проектных задач (Рис.3).



Рис.3 - Экспертная оценка итоговых проектных работ

Особого внимания заслуживает критерий «Интеграция технологических и риск-ориентированных решений» (87,1 против 64,8 балла, $p < 0,001$). Данный критерий отражает именно синергетический эффект

методологии — способность слушателей объединять технологические решения с оценкой рисков и созданием ценности, что и является ключевой характеристикой сквозного проектного обучения.

Результаты анкетирования удовлетворённости слушателей. Удовлетворённость слушателей оценивалась по интегральному показателю (шкала 1–5) по окончании обучения (Табл. 5), (Рис.4).

Таблица 5

Интегральные показатели удовлетворённости слушателей (шкала 1–5)

№	Показатель	ЭГ	КГ
1	Актуальность и практическая значимость содержания	4.7	4.1
2	Логичность и взаимосвязанность тем (ценность интеграции)	4.8	3.6
3	Практическая применимость полученных знаний	4.7	4.0
4	Готовность применять методы в профессиональной деятельности	4.5	3.8
5	Интегральный показатель	4.7	3.9

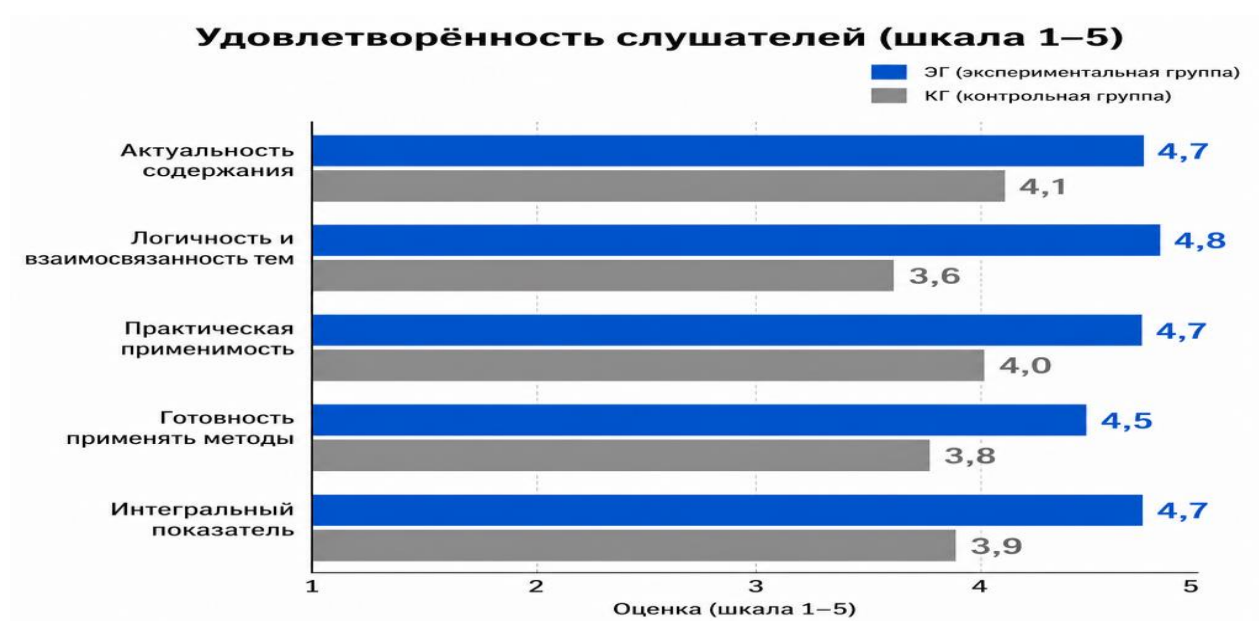


Рис.4 - Интегральные показатели удовлетворённости слушателей

Наиболее существенное различие между группами зафиксировано по критерию «Логичность и взаимосвязанность тем» (4,8 против 3,6), что отражает восприятие слушателями именно интегративного преимущества сквозного подхода: они оценивают обучение как целостную систему, а не как набор изолированных курсов. Интегральный показатель удовлетворённости в ЭГ (4,7) достоверно выше, чем в КГ (3,9).

Сводный анализ результатов.

- Средний интегральный прирост компетенций в ЭГ составил +49,2 балла против +31,0 балла в КГ.
- Качество проектных работ и удовлетворённость слушателей в ЭГ также достоверно выше.
- Педагогами доказано, что именно области HAZOP-анализа и водородных технологий представляют собой принципиально новые, «прорывные» компетенции для значительной части практикующих специалистов, что подтверждалось низкими исходными показателями входного тестирования (28,9 и 31,6 балла соответственно).
- Освоение новых, устойчиво формируемых с нуля компетенций оказалось чувствительнее к качеству методологии обучения, чем совершенствование уже имеющихся (например, оптимизация технологических процессов — область, базовая для инженеров).
- В экспериментальной группе новые компетенции осваивались не как изолированные дисциплины, а как инструменты решения единой сквозной проектной задачи, что обеспечило их более глубокое и осмысленное усвоение.
- Формирование интегративных (сквозных) компетенций. Экспертная оценка итоговых проектных работ показала наиболее значимое преимущество ЭГ по критерию «Интеграция технологических и риск-ориентированных решений» (87,1 против 64,8 балла, $p < 0,001$). Данный критерий измеряет именно ту компетенцию, ради которой и разрабатывалась методология: способность специалиста видеть

технологическое решение, его риски и экономическую ценность как единую систему, а не как последовательность разрозненных задач. Это согласуется с теоретическим положением о синергетическом эффекте обучения, сформулированным во второй части статьи: интегративный результат превосходит сумму результатов изолированных модулей за счёт возникновения межмодульных связей. Обучающийся, освоивший HAZOP-анализ в контексте водородных технологий, а не абстрактно, формирует устойчиво иной — системный — профессиональный взгляд.

— Полученные данные подтверждают гипотезу о превосходстве сквозной методологии над изолированным обучением.

Таблица 6

Сводные интегральные показатели эффективности ЭГ против КГ

№	Показатель	ЭГ	КГ	Разница	Уровень значимости
1	Прирост компетенций (средний ΔК)	+49.2	+31.0	+18.2	< 0.001
2	Интегральный показатель проектных работ (max 100)	87.8	67.0	+20.8	< 0.001
3	Интегральный показатель удовлетворённости (max 5)	4.7	3.9	+0.8	< 0.001
4	Мощность эффекта по HAZOP (ΔК баллов)	+61.2	+34.2	+27.0	< 0.001
5	Мощность эффекта по водородным технологиям (ΔК баллов)	+55.6	+34.4	+21.2	< 0.001

Обсуждение результатов исследования

Полученные результаты свидетельствуют о статистически достоверном превосходстве методологии сквозного проектного обучения над традиционным изолированным подходом. Наиболее выраженный синергетический эффект наблюдается в областях HAZOP и водородных технологий — именно там, где межмодульные связи наиболее сильны.

Синергетический эффект объясняется эмерджентностью сквозной модели: единая проектная задача превращает набор изолированных модулей в целостную систему, обладающую новыми свойствами. [8,9,10]. Содержательно это проявляется в направленных межмодульных связях:

- «Водородные технологии ↔ HAZOP»: понимание специфики водорода делает анализ рисков более содержательным, а владение HAZOP позволяет корректно идентифицировать риски водородных установок.
- «HAZOP ↔ ценность проекта»: раннее выявление рисков снижает совокупную стоимость владения проектом, повышая его ценность.
- «Оптимизация ↔ водородные технологии»: системная оптимизация расширяет пространство допустимых решений за счёт интеграции водородных схем.
- «Системная оптимизация ↔ все модули»: системный принцип обеспечивает согласованность решений на стыке технологий, рисков и экономики.

Таким образом, сквозная проектная задача выступает интегратором, обеспечивающим переход от аддитивного к синергетическому характеру образовательного результата.

Ограничения исследования. К ограничениям относятся: ограниченный размер выборки (48 чел.),

- отсутствие оценки отложенных эффектов (перенос компетенций в практику),
- отраслевая специфика выборки (преимущественно перерабатывающий сегмент НГК) и квазиэкспериментальный дизайн исследования.

Эти факторы определяют направления дальнейших исследований: расширение выборки, лонгитюдное наблюдение, валидизация в других сегментах НГК и разработка цифровых инструментов поддержки сквозных траекторий.

Сопоставление с данными литературы. Результаты согласуются с зарубежными исследованиями, подтверждающими превосходство проектно-ориентированного обучения над традиционным. [14,16,17,18].

Вместе с тем настоящее исследование вносит дополнительный вклад, демонстрируя, что именно сквозная проектная организация обучения обеспечивает качественный сдвиг в формировании интегративных компетенций.

Рекомендации по внедрению.

1. Переход к сквозным образовательным траекториям, объединяющим технологические, риск-ориентированные и управленческие модули вокруг единой проектной задачи.
2. Включение в траектории модулей по перспективным технологиям (водородная энергетика) и методам анализа рисков (HAZOP).
3. Формирование межролевых учебных групп (инженеры и руководители проектов).
4. Разработка итоговых заданий в форме комплексных проектных решений.
5. Обеспечение наставничества и привлечения отраслевых экспертов к оценке работ. [2]

Сопоставление с данными литературы. Полученные результаты согласуются с выводами зарубежных исследований, демонстрирующих превосходство проектно-ориентированного обучения над традиционным в техническом образовании. Классические положения Дж. Дьюи и У. Килпатрика о формировании компетенций через решение задач находят эмпирическое подтверждение на материале ДПО нефтегазового профиля. [12,14,15,17]

Вместе с тем настоящее исследование вносит содержательный вклад, выходящий за рамки подтверждения общих положений проектного обучения. Оно демонстрирует, что конкретный тип проектной организации — сквозная проектная задача, объединяющая междисциплинарные модули —

обеспечивает не просто повышение эффективности, а качественный сдвиг в формировании интегративных компетенций. Именно интегративный, а не суммативный характер результата является специфическим научным вкладом работы.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается высокой удовлетворённостью слушателей и наблюдаемым ростом их готовности применять освоенные методы в профессиональной деятельности, что согласуется с критериями эффективности ДПО, принятыми в андрагогической традиции. [6]

Заключение.

В ходе исследования разработана и экспериментально верифицирована методология сквозного проектного обучения в ДПО нефтегазового профиля, интегрирующая водородные технологии, HAZOP-анализ, повышение ценности проектов и оптимизацию технологических процессов.

Установлено статистически достоверное превосходство сквозной методологии над изолированным обучением по критериям компетентностного роста, качества проектных решений и удовлетворённости слушателей.

Научная новизна состоит в обосновании синергетической модели обучения, обеспечивающей переход от аддитивного к интегративному характеру образовательного результата в ДПО высокотехнологичных отраслей.

Гипотеза исследования подтверждена: сквозное проектное обучение обеспечивает более высокий уровень сформированности профессиональных компетенций, чем традиционный дисциплинарный подход той же трудоёмкости.

Направления дальнейших исследований связаны с расширением выборки, проведением лонгитюдного исследования переноса компетенций в практику, адаптацией методологии к различным сегментам НГК, её распространением на другие отрасли и разработкой цифровых инструментов

поддержки сквозных образовательных траекторий. Реализация обозначенных направлений позволит не только расширить научные представления о закономерностях профессионального образования в условиях технологической трансформации, но и обеспечить практический вклад в подготовку кадров, способных эффективно и системно решать комплексные задачи развития нефтегазового комплекса и смежных отраслей российской экономики.

Таким образом, методология сквозного проектного обучения открывает новое прочтение дополнительного профессионального образования — не как набора разрозненных курсов повышения квалификации, а как целостного, системного процесса формирования профессионального мышления. Единая сквозная проектная линия выступает той «нитью», которая связывает технологические знания, риск-ориентированные компетенции и управленческое видение в единый профессиональный взгляд специалиста, готового к системным, обоснованным и ответственным решениям в условиях динамичного и сложного мира энергетики будущего.

Список литературы:

1. Ахтямова, Д.А. Использование машинного обучения для оптимизации производственных процессов обучения в нефтегазовой отрасли // Управление образованием: теория и практика. — Том 13. — 2023. — С.216-219.
2. Байденко, В. И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы) : методическое пособие / В. И. Байденко. — М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. — 114 с.

3. Зимняя, И. А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентного подхода в образовании / И. А. Зимняя. — М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. — 42 с.
4. Килпатрик, У. Х. Основы метода / У. Х. Килпатрик. — М. : Имка-Пресс, 2013. — 90 с.
5. Клетц, Т. А. HAZOP и HAZAN. Идентификация и анализ опасностей / Т. А. Клетц ; пер. с англ. — М. : МАГИ-ТУ, 2010. — 384 с.
6. Ноулз, М. Ш. Современная практика образования взрослых. Андрагогика против педагогики / М. Ш. Ноулз. — М. : Нью-Йорк : Ассоциация образования взрослых, 2015. — 384 с.
7. Хуторской, А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А. В. Хуторской // Народное образование. — 2003. — № 2. — С. 58–64.
8. Храпаль, Л.Р. Информационная безопасность современного профессионального образования: проблемы, угрозы, пути решения / С.В. Абрамова, Е.Н. Бояров, С.Ю. Рубцова // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 6. – С. 15.
9. Храпаль, Л.Р. Научно-методическое обеспечение проектирования индивидуальной образовательной траектории повышения квалификации педагогов в условиях информационной образовательной среды / К.Ш. Шарифзянова. // Казанский педагогический журнал, 2015. — № 5. — С.26-32.
10. Храпаль, Л.Р. Проектирование индивидуальной образовательной траектории педагогов в условиях модульной системы повышения квалификации/ Ф.Ш. Мухаметзянова, К.Ш. Шарифзянова, Т.З.Мухутдинова // Проблемы инфраструктурного обеспечения инновационного развития отечественной экономики: материалы Международная научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Россия, г. Казань, 2013г. — С. 38-41.

11. IEC 61882:2016. Hazard and operability studies (HAZOP studies) — Application guide. — Geneva : International Electrotechnical Commission, 2016. — 132 p.
12. Керцнер, Г. Стратегическое управление проектами. Методология зрелости / Г. Керцнер ; пер. с англ. — М. : ДМК Пресс, 2010. — 320 с.
13. Моррис, П. Управление проектом : перспективы и принципы / П. Моррис. — М. : ДМК Пресс, 2010. — 288 с.
14. Международное энергетическое агентство. Перспективы водородной энергетики : доклад МЭА / МЭА. — Париж : IEA, 2019. — 210 с.
15. Stacey, R. Strategic Management and Organisational Dynamics / R. Stacey. — Harlow : Pearson, 2007. — 463 p.
16. Bell, S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future / S. Bell // The Clearing House. — 2010. — Vol. 83, № 2. — P. 39–43.
17. Thomas, J. W. A Review of Research on Project-Based Learning / J. W. Thomas. — San Rafael, CA : The Autodesk Foundation, 2000. — 46 p.
18. Kletz, T. A. Learning from Accidents / T. A. Kletz. — Oxford : Gulf Professional Publishing, 2001. — 334 p.