

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ:
РАЗРАБОТКА И ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Боронина Ю.С., Марача В.Г.

Научный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

Borona05@mail.ru, Maratcha@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются новые требования к инженерному образованию в условиях перехода к инновационной экономике и цифровизации. Рассмотрены альтернативные стратегии модернизации инженерного образования и критерии их оценки, а также методология формирования экспертной группы для проведения такой оценки.

Ключевые слова: цифровая трансформация, инновационная экономика, инженерное образование, альтернативные стратегии модернизации, принятие решений.

Введение

В современных условиях стремительной цифровизации и перехода к экономике, основанной на знаниях, проблема модернизации инженерного образования приобретает особую актуальность [1]. Цифровая трансформация промышленного сектора требует принципиально новых подходов к подготовке инженерных кадров, что подтверждается исследованиями ведущих специалистов в области образования и экономики.

Традиционная модель инженерного образования, ориентированная преимущественно на технические дисциплины, уже не отвечает потребностям современной инновационной экономики. В последнее десятилетие начался активный процесс трансформации традиционных моделей организации производства через внедрение цифровых технологий, что создает новые вызовы для системы подготовки инженерных кадров, требующие перехода к подготовке инженеров-инноваторов.

Анализ исследований последних лет показывает, что проблема модернизации инженерного образования находится в центре внимания научного сообщества. Работы таких исследователей, как В.А. Мансуров, М.В. Прохорова и других, посвящены различным аспектам подготовки специалистов в условиях цифровой трансформации. Однако многие вопросы, связанные с формированием компетенций инженеров-инноваторов, остаются недостаточно разработанными [2].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания новой модели инженерного образования, способной обеспечить подготовку специалистов, готовых эффективно работать в условиях цифровой экономики, быстрых технологических и организационных изменений, а также институциональных трансформаций и смены управленческих парадигм. Особую значимость приобретает развитие системного мышления, управленческих и институциональных компетенций будущих инженеров.

1. Новые требования к инженерному образованию

Современный этап цифровой трансформации, характеризующийся переходом к инновационно-ориентированной экономике, основанной на знаниях, и глубокой цифровизацией промышленного сектора, предъявляет принципиально новые требования к инженерному образованию.

Традиционная модель подготовки инженеров, ориентированная преимущественно на технические дисциплины, уже не отвечает потребностям современной инновационной экономики по нескольким причинам:

- узкая специализация не позволяет выпускникам быстро адаптироваться к меняющимся условиям рынка;
- слабая практическая направленность приводит к разрыву между теорией и реальными производственными задачами;

- недостаточное внимание к управленческим компетенциям не позволяет в достаточной мере сформировать компетенции к работе в проектах и междисциплинарных командах, а также готовность к организационным изменениям, порождаемым цифровизацией.

Именно поэтому изменение инженерного образования становится ключевым фактором подготовки специалистов нового поколения, готовых эффективно работать в условиях цифровой экономики и способствовать технологическому развитию страны [3].

В современном учебном процессе обеим сторонам – преподавателю и студенту – следует играть творческую роль, так как в условиях инновационной экономики инженер должен:

- 1) быстро адаптироваться к новым технологиям;
- 2) обладать предпринимательским мышлением;
- 3) быть готовым к постоянному саморазвитию;
- 4) обладать системным и критическим мышлением;

5) адаптироваться в междисциплинарных командах, применять гибкость в командном управлении;

- б) иметь опыт в проектной деятельности.

Современный инженер должен обладать комплексными компетенциями, которые позволят в условиях непрерывных изменений действовать эффективно [4].

Рассмотрим следующие ключевые группы компетенций [5]:

- технологические – это владение методами системной инженерии, гибкими методологиями разработки систем;
- организационно-управленческие – это управление проектами, требованиями заинтересованных сторон и т.п.;
- институционально-управленческие – это способность обеспечивать внешние условия, необходимые для реализации технических проектов, удерживая сочетание правовых, экономических и социальных рамок инноваций.

Общим основанием для всех трех описанных выше групп комплексных компетенций современного инженера-инноватора выступает системное мышление.

1. Ядром современных программ лучших инженерных вузов мира становится системная инженерия – «технологическая» проекция системного мышления.

2. Системное мышление преподается в ведущих западных бизнес-школах как дисциплина, необходимая менеджерам высшей квалификации. Современная методология организационного управления сложными системами востребует «мягкую системную методологию» П. Чекланда, отечественным аналогом которой выступает системо-деятельностный подход Московского методологического кружка.

3. Современный институциональный подход в экономике, социологии, юриспруденции и т.д. есть метод реализации системного мышления в сфере социального знания и практик. В этом смысле речь идет о системно-институциональном подходе, задающем социальные рамки и для инженера [5].

Именно системный подход стал с середины 1950-х гг. основой работы с комплексной организацией деятельности – сначала мультидисциплинарной (общая теория систем как комплексное представление «системных объектов»), а затем – и мультипрофессиональной (системное мышление как ядро, общее для различных системных методологий, обеспечивающих «управление сложностью») [6]. На инновационно-организованную деятельность современного инженера непосредственно проецируется и обоснованный выше тезис о комплексной организации деятельности.

Во-первых, она представляет собой жизненный цикл, состоящий из разнотипных стадий: фундаментальные исследования, НИОКР (R&D), создание прототипа, создание опытного образца, запуск малой серии и выведение на рынок, массовое производство.

Во-вторых, инновационно-организованная деятельность подразумевает разнообразие участников по профессиональному составу и взглядам на мир: помимо инженера (изобретателя, конструктора, проектировщика), создающего новый продукт как «изделие», ее участниками становятся предприниматель, маркетолог, инвестор, «продавец инноваций» и инновационный менеджер, превращающие «изделие» в продукт для рынка. А в ряде случаев непосредственным участником инновационно-организованной деятельности становится еще и ученый [5].

2. Альтернативные стратегии модернизации инженерного образования и критерии их оценки

Для достижения соответствия описанным выше требованиям необходимо рассмотреть альтернативные стратегии модернизации инженерного образования и оценить их по ряду критериев (они будут представлены дальше). Оценка будет производиться по шкале от 1 до 5, где 1 – минимальное соответствие, а 5 – максимальное. Затем каждому критерию присваивается вес, отражающий его важность.

Предложенные альтернативы модернизации инженерного образования сформированы на основе комплексного анализа современных тенденций в сфере образования и требований цифровой экономики.

Их разработка базируется на следующих теоретических и практических основаниях:

- анализ международных практик модернизации инженерного образования;
- исследования рынка труда и требований работодателей к компетенциям выпускников;
- концепции цифровой трансформации образования;
- модели интеграции образования и производства.

Каждая из предложенных альтернатив отражает ключевые направления модернизации инженерного образования.

Альтернативы (А):

A1: Модернизация существующих учебных программ (частичная). Включение новых дисциплин и модулей, связанных с цифровыми технологиями и экономикой знаний, в актуальные рабочие планы учебных дисциплин.

A2: Переработка (разработка) новых учебных программ. Создание принципиально новых учебных программ, ориентированных на современные требования цифровой экономики и интегрирующих цифровые технологии во все аспекты обучения.

A3: Акцент на практическое обучение и проектную деятельность. Увеличение доли практических занятий, проектной работы, стажировок и работы над реальными кейсами, связанными с цифровой трансформацией.

A4: Развитие цифровой инфраструктуры и образовательных платформ. Инвестирование в современное оборудование, программное обеспечение, образовательные платформы и онлайн-курсы для обеспечения доступа к актуальным знаниям и технологиям.

A5: Сотрудничество с индустрией и научными организациями. Активное привлечение представителей промышленности и научных организаций к разработке учебных программ, проведению мастер-классов, предоставлению стажировок и совместным исследованиям.

Определение весов критериев для оценки альтернатив модернизации инженерного образования осуществлялось на основе следующих шести критериев, каждый из которых сформулирован в виде вопроса.

Критерии (К):

K1: Соответствие требованиям рынка труда (Вес: 0.25). Насколько хорошо альтернатива подготавливает выпускников к требованиям современной цифровой экономики и потребностям работодателей?

K2: Адаптируемость к изменениям (Вес: 0.20). Насколько легко альтернатива может быть адаптирована к будущим изменениям в технологиях и экономике?

K3: Финансовая реализуемость (Вес: 0.15). Насколько затратна реализация данной альтернативы и доступна ли она для учебного заведения?

K4: Влияние на качество образования (Вес: 0.20). Насколько велик позитивный эффект влияния данной альтернативы на качество образования и уровень знаний выпускников?

K5: Простота внедрения (Вес: 0.10). Насколько легко и быстро можно внедрить данную альтернативу в учебный процесс?

K6: Устойчивость и долгосрочность (Вес: 0.10). Насколько устойчива и эффективна альтернатива в долгосрочной перспективе?

Сумма всех весов равна 1, что обеспечивает корректность дальнейшего расчета интегральной оценки альтернатив [7]. При этом распределение весов отражает баланс между необходимостью соответствия текущим требованиям рынка и способностью к адаптации в будущем, при этом учитывая реалистичность и эффективность внедрения изменений.

3. Методология формирования экспертной группы для оценки альтернативных стратегий модернизации инженерного образования

Ключевым элементом успешного проведения исследования является формирование компетентной экспертной группы, способной обеспечить достоверность результатов оценки соответствия альтернатив установленным выше критериям.

Экспертами при принятии решений о модернизации инженерного образования выступают:

- 1) преподаватели инженерных вузов (для обеспечения эффективности предлагаемых изменений в учебных планах);
- 2) выпускники программ инженерной подготовки (для получения обратной связи о качестве полученного образования и его применимости на практике);
- 3) эксперты в области цифровой трансформации образования (для анализа лучших практик и тенденций в цифровом обучении);
- 4) представители производственных профессий (особенно из цифровых отраслей – для определения актуальных требований к навыкам и знаниям выпускников).

Для определения экспертной базы были разработаны критерии отбора экспертов (таблица 1).

Таблица 1. Критерии отбора экспертов

Базовые критерии	Ключевые принципы	Структура экспертной группы	Форматы взаимодействия	Механизмы контроля качества
Профессиональный опыт в соответствующей области не менее 5 лет	Мультидисциплинарность состава	Преподаватели инженерных вузов (40% от общего числа)	Индивидуальные консультации	Предварительное обучение экспертов методологии оценки [8]
Наличие публикаций по тематике исследования	Баланс между академическим и практическим опытом [9]	Выпускники инженерных программ (20%)	Групповые дискуссии	Стандартизация оценочных шкал
Практический опыт реализации образовательных проектов	Географическая и институциональная репрезентативность	Эксперты в области цифровой трансформации образования (20%)	Экспертные опросы	Согласование терминологии
Знание современных тенденций в инженерном образовании	Комплементарность компетенций	Представители производственных профессий (20%)	Анализ кейсов	Документирование всех этапов работы
Принципы формирования экспертной группы	Характеристика экспертной группы	-	Оценка альтернативных решений	Обратная связь по результатам оценки

Источник – составлено авторами

Предложенная методология формирования экспертной группы позволила создать эффективную команду специалистов, обеспечивающую достоверность и надежность результатов исследования [10].

Были достигнуты следующие показатели:

- 1) высокий уровень компетентности участников экспертной группы;
- 2) широкий охват профессиональных областей;
- 3) баланс между академическим и практическим опытом;
- 4) высокая степень согласованности экспертных оценок.

4. Расчет взвешенных оценок

Взвешенные оценки рассчитываются по формуле:

$$S_i = \sum_{j=1}^6 (x_{ij} \cdot w_j),$$

где x_{ij} – оценка альтернативы по критерию,
 w_j – вес критерия.

Трёхэтапный алгоритм оценки альтернатив представлен на рисунке 1.

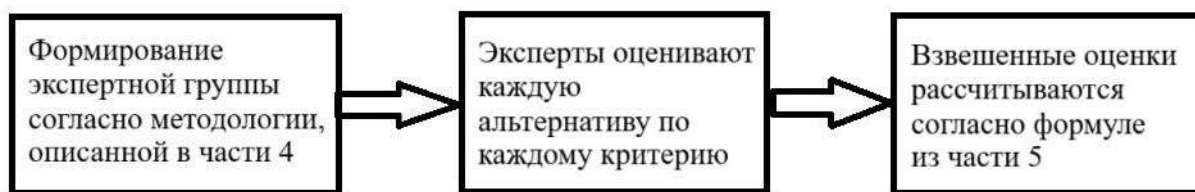


Рис. 1. Трёхэтапный алгоритм оценки альтернатив

Результаты оценки альтернатив представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оценки альтернатив

Альтернативы	Оценка альтернатив согласно критерию						Взвешенная оценка альтернатив
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	
A ₁	3	3	4	3	4	3	3.25
A ₂	5	4	2	5	2	4	3.80
A ₃	4	3	3	4	4	3	3.55
A ₄	4	4	3	4	3	4	3.70
A ₅	4	4	4	4	4	4	4.00

Источник: составлено авторами

Расчет для A₁:

$$3 \cdot 0.25 + 3 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.15 + 3 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.10 + 3 \cdot 0.10 = 3.25$$

Расчет для A₂:

$$5 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.20 + 2 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.20 + 2 \cdot 0.10 + 4 \cdot 0.10 = 3.80$$

Расчет для A₃:

$$4 \cdot 0.25 + 3 \cdot 0.20 + 3 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.10 + 3 \cdot 0.10 = 3.55$$

Расчет для A₄:

$$4 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.20 + 3 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.20 + 3 \cdot 0.10 + 4 \cdot 0.10 = 3.70$$

Расчет для A₅:

$$4 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.20 + 4 \cdot 0.10 + 4 \cdot 0.10 = 4.00$$

В данном исследовании альтернатива A₅ – сотрудничество с промышленностью и научными организациями – имеет максимальную взвешенную оценку (4,00) и, следовательно, является наиболее предпочтительной в соответствии с выбранными критериями и весовыми коэффициентами. Таким образом, была выбрана альтернатива с наиболее сбалансированной оценкой.

Для принятия правильного решения необходимо определить цель управляемого процесса. В нашей ситуации целью является оптимизация образовательной программы для повышения конкурентоспособности выпускников на рынке труда, обеспечивающая устойчивое развитие образовательного учреждения.

Управление, основанное исключительно на текущем положении дел, никогда не сможет обеспечить качественное стратегическое развитие.

Целью должно быть проактивное создание образовательной среды, отвечающей будущим вызовам и потребностям рынка.

Системное мышление – это методологический подход, позволяющий рассматривать образовательный процесс как сложную, взаимосвязанную систему, где каждый элемент влияет на общий результат. Его применение особенно актуально при принятии стратегических решений, связанных с развитием образовательных программ.

Системное мышление обеспечивает:

- 1) комплексное видение задач (от исследований до запуска продукта);
- 2) способность работать в междисциплинарных командах;
- 3) гибкость в условиях неопределенности и динамических изменений;
- 4) модель принятия решений на основе нечетких множеств.

5. Заключение

Экспертная оценка показала, что наиболее эффективной является модель сотрудничества с индустрией и научными организациями (Альтернатива А5). Эта альтернатива имеет самую высокую взвешенную оценку.

Но практически рекомендуется начать с частичной модернизации как первого этапа, сосредоточившись на усилении практической составляющей образовательных программ:

1) первым этапом необходимо начать применять проектные практики совместно с индустриальными партнерами [3];

2) организовать производственные практики на предприятиях, в рабочих группах;

3) создать цифровые лаборатории с инструментами виртуального моделирования;

4) запустить курсы прикладного системного мышления на основе передового отечественного и зарубежного опыта, а также в тесной координации с индустриальными партнерами [5];

5) разработать и запустить онлайн-курсы по критическому мышлению;

6) внедрить современные подходы к управлению образовательными программами, а также траекториями научной и инновационной карьеры студентов [11].

Хотя частичная модернизация имеет самую низкую взвешенную оценку, она была выбрана в качестве начального этапа по следующим причинам:

1) минимизация рисков при внедрении изменений;

2) адаптация системы к новым условиям;

3) сохранение качества образования в переходный период;

4) формирование базы для глубоких преобразований.

В дальнейшем следует постепенно переходить к более глубокой переработке программ с активным развитием индустриального партнерства. Такой поэтапный подход позволит минимизировать риски, обеспечить гибкость и адаптируемость к изменяющимся условиям рынка труда.

Литература

1. *Осипов В.П., Судаков В.А.* Многокритериальный анализ решений при нечетких областях предпочтений // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2017. – № 6. – 16 с. – URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2017-6> (дата обращения: 04.07.2025).
2. *Мансуров В.А., Семенова А.В., Стрельцова И.А.* Модернизация инженерного образования в России: проблемы и решения // Теория и практика общественного развития. – 2019. – № 11. – С. 2–8.
3. *Иванов В.Г., Кайбияйнен А.А., Галиханов М.Ф.* Междисциплинарность как вектор развития инженерного образования (обзор сетевой конференции) // Высшее образование в России. – 2016. – № 8-9 (204). – С. 149–160.
4. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – 4-е изд. – М.: URSS, ООО «ЛЕНАНД», 2022. – 500 с.
5. *Марача В.Г.* Системное мышление как основа подготовки инженеров-инноваторов // Социальная инноватика – 2015: Материалы Международной научно-практической конференции / под ред. И.В. Везеговой, Г.В. Ждановой, Л.Н. Кочетковой (отв. ред.), Л.Ф. Матрониной. – М.: Моск. гос. университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА), 2015. – С. 103–106.
6. *Jackson M.C.* Critical Systems Thinking and the Management of Complexity. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2019. – 728 p.
7. *Подгорный С.А., Петров А.Е.* Автоматизация технологических процессов: системный подход: учебное пособие. – Дубна: Государственный университет «Дубна», 2023. – 142 с.
8. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений: учебник для вузов. – М.: Академия, 2009. – 400 с.
9. *Орлов А.И.* Теория принятия решений. Учебное пособие. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 656 с.
10. *Чумакова Я.В., Гиголаева А.Т., Вегера А.А.* Модернизация российского образования: тренды и перспективы // Молодой ученый. – 2023. – № 28 (475). – С. 150–153. URL: <https://articles.moluch.ru/archive/475/104830/> (дата обращения: 04.07.2025).
11. *Марача В.Г.* Университет научно-технологического развития как институциональный механизм интеграции крупномасштабных систем исследовательской, образовательной и инновационной деятельности // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016): материалы Девятой междунар. конф., 3–5 окт. 2016 г., Москва: в 2-х т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – М.: ИПУ РАН, 2016. – Т. 1. – С. 206–209.