



Междисциплинарные компетенции менеджеров для технологического прорыва

Л.Д. Гительман¹
А.П. Исаев¹
М.В. Кожевников¹
Т.Б. Гаврилова¹

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)

Аннотация

Статья посвящена исследованию структуры и совершенствованию модели формирования управленческих компетенций для решения задач технологического прорыва в отечественной экономике. Используется авторский подход, на основе которого выявляется диапазон междисциплинарности, конкретизируется его содержание, разрабатываются методы и инструменты освоения востребованных компетенций. В качестве эмпирической базы, являющейся доказательством обоснованности авторских выводов, наряду с собственными исследованиями приводятся результаты анализа образовательных программ по менеджменту инженерии, реализуемых в ведущих университетах мира, а также экспертные оценки руководителей энергетических предприятий и профессоров отечественных вузов. В работе проведен анализ ключевых факторов формирования междисциплинарных компетенций: управленческая парадигма, на которую ориентирован образовательный процесс, модель знаний и умений, адекватных содержанию задач технологического прорыва, методологии анализа междисциплинарных взаимосвязей в управленческих решениях. Представлен соответствующий опыт подготовки руководителей разного уровня кафедрой систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Уральского федерального университета. Научная новизна исследования заключается в раскрытии нового подхода в понимании междисциплинарности при определении управленческих компетенций, необходимых для технологического прорыва. Практическая значимость статьи обусловлена тем, что в ней представлен опыт реализации разработанного подхода при подготовке менеджеров, обладающих повышенной готовностью к непрерывному освоению и внедрению технологий будущего. **Ключевые слова:** междисциплинарность, междисциплинарные компетенции, технологический прорыв, управленческое образование, упреждающее управление, опережающее обучение, системная инженерия, методология подготовки менеджеров.

Для цитирования:

Гительман Л.Д., Исаев А.П., Кожевников М.В., Гаврилова Т.Б. (2022). Междисциплинарные компетенции менеджеров для технологического прорыва. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 13(3): 182–198. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-3-182-198.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Interdisciplinary competencies of managers for a technological breakthrough

L.D. Gitelman¹
A.P. Isayev¹
M.V. Kozhevnikov¹
T.B. Gavrilova¹

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)

Abstract

The article aims to study the structure of and improve the model for the fostering of managerial competencies to solve the problems of a technological breakthrough in the domestic economy. The authors apply their proprietary approach that makes it possible to reveal the range of interdisciplinarity and to specify its content. Methods and tools for mastering the competencies in demand are developed. As the empirical base which proves the validity of their conclusions, the authors cite their own research as well as the results of the analysis of educational programs in engineering management implemented at the leading universities of the world, and the expert opinions of the heads of energy enterprises and professors of Russian universities. The paper analyzes the key factors in the formation of interdisciplinary competencies: a management paradigm towards which the educational process is oriented, a model of knowledge and skills that is adequate to the content of the tasks of a technological breakthrough, a methodology for analyzing interdisciplinary relationships in managerial decisions. The article outlines the relevant experience of training managers of various levels by the Department of Energy Management Systems and Industrial Enterprises of Ural Federal University.

The study is scientifically novel as it discovers a new approach to understanding interdisciplinarity when determining the managerial competencies necessary for a technological breakthrough. The practical significance of the article is due to the fact that it presents the experience of implementing the developed approach to the training of managers with an increased readiness to constantly embrace and implement future technologies.

Keywords: interdisciplinarity, interdisciplinary competencies, technological breakthrough, managerial education, proactive management, advanced learning, systems engineering, methodology for training managers.

For citation:

Gitelman L.D., Isayev A.P., Kozhevnikov M.V., Gavrilova T.B. (2022). Interdisciplinary competencies of managers for a technological breakthrough. *Strategic Decisions and Risk Management*, 13(3): 182-198. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-3-182-198. (In Russ.)

Acknowledgements

The research funding from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Ural Federal University Program of Development within the Priority-2030 Program) is gratefully acknowledged.

Введение

Вопрос применения междисциплинарного подхода в науке, образовании, практике приобрел особую популярность в течение последнего десятилетия, характеризующегося интенсивным потоком технологических инноваций, непрерывно нарастающей неопределенностью контекста, глубокими изменениями политических, экономических и общественных устоев.

Междисциплинарность, как указано в [Arbesman, 2015], сегодня стали находить практически во всем. Конечно, можно считать этот тренд проявлением академической моды. Однако если посмотреть на количество публикаций, имеющих ключевые слова «междисциплинарность» или «междисциплинарный», в научных базах рецензируемой литературы с 2010 по 2021 год, представляется возможным четко зафиксировать устойчивую позитивную динамику интереса авторов и читателей к этому феномену (рис. 1). Можно с уверенностью предположить, что тенденция к междисциплинарности будет усиливаться и дальше по мере нарастания объема новых сложных задач, дифференциации и интеграции знаний [Kodama, 2018].

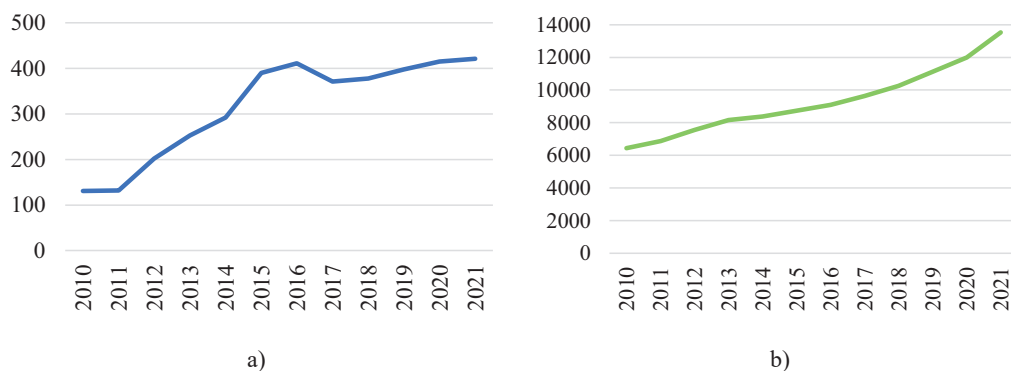
Под междисциплинарностью авторы понимают *синтез знаний из разных областей науки и практики и выявление новых взаимосвязей между ними, позволяющие получить качественно новые решения сложных проблем*. Важно обратить внимание на практическую значимость данной трактовки: благодаря учету междисциплинарности появляется возможность генерировать знания, без которых задачи с нелинейной, неясной структурой в усло-

виях непрерывных изменений, неопределенности, хаоса решать фактически невозможно. Это утверждение приобретает особую актуальность при нацеленности на технологический прорыв, когда требуется создавать и быстро внедрять уникальные инновации одновременно в самых разных отраслях и процессах: благодаря взаимообогащению научных дисциплин или областей практической деятельности выявляются совершенно новые вопросы и формулируются проблемы, результаты исследований которых позволяют получить методические инструменты, расширяющие горизонт науки и повышающие эффективность практики.

В такой аксиоматике специалист, будь то инженер, менеджер, эксперт в информационных технологиях, должен быстро ориентироваться даже в тех областях знаний, рынках и отраслях, которые традиционно не являлись «обязательными» для его сферы деятельности. Масштаб, глубина, разносторонность экспертизы профессионала нового поколения сегодня резко увеличиваются, что требует отражения в образовательных программах разных направлений подготовки. Если говорить конкретно про управленческое образование, то при обучении менеджеров важно не только продемонстрировать возможности междисциплинарной методологии как способа организации командной деятельности для всестороннего анализа ситуации и повышения эвристической эффективности, но и наделить их арсеналом соответствующих инструментов принятия решений [Chryssolouris et al., 2013; Carr et al., 2018; Gitelman et al., 2019; Профессионалы в конкуренции..., 2021].

Рис. 1. Динамика количества публикаций, содержащих ключевые слова «междисциплинарность» и «междисциплинарный» в библиографических базах данных:

a) в российской базе eLibrary, b) в международной базе SCOPUS
Fig. 1. Dynamics of the number of publications containing the keywords “interdisciplinarity” and “interdisciplinary” in bibliographic databases:
a) in the Russian eLibrary database, b) in the international SCOPUS database



Целью данной статьи является идентификация особо значимых для технологического прорыва форм междисциплинарности и междисциплинарных компетенций руководителей и определение наиболее эффективных способов их формирования. Авторский подход к определению междисциплинарности позволил выявить состав необходимых междисциплинарных компетенций и их взаимосвязь, которую важно учитывать в подготовке инновационных менеджеров.

1. Модель междисциплинарных компетенций менеджеров для технологического прорыва

Сокращение «периода полураспада» профессиональных знаний и лавинообразный рост объемов новой информации, необходимой для профессиональной деятельности, с одной стороны, и ограниченные сроки формирования новых компетенций, с другой, требуют постоянного анализа и реструктуризации концептуальной модели компетенций, необходимых в решении актуальных и прогнозируемых задач. Рост сложности задач и среды управленческой деятельности ведет к тому, что вместо устаревающих компетенций появляется потребность в модернизированных или совершенно новых, которые характеризуются более междисциплинарным содержанием и, соответственно, более трудоемким процессом их формирования.

Под концептуальной моделью компетенций авторы имеют в виду состав кластеров и содержание входящих в них конкретных компетенций, интегрированных в единую систему в соответствии с их взаимосвязями и зависимостями и отражающих способности профессионала решать определенный класс задач и проблем. Такая система компетенций – это модель выпускника образовательной программы, которая определяет цели, требования к содержанию и методической организации учебного процесса. Модель должна иметь простую и наглядную форму, удобную, читаемую и доступную для анализа и выводов. При этом первым шагом перехода от модели специалиста к процессу его формирования является выделение и полное описание комплекса задач, которые он должен решать в своей профессиональной деятельности.

Структура и содержание концептуальной модели актуальных компетенций определяются управленческой парадигмой, на которую ориентирован образовательный процесс

в соответствии с пониманием требований практики к выпускникам программы подготовки менеджеров. Таким образом, процесс подготовки менеджера начинается с выбора парадигмы менеджмента и разработки соответствующей ей компетентностной модели управленческой деятельности.

Парадигма упреждающего управления является наиболее адекватной задачам технологического прорыва. Она определяет не только состав компетенций, но также их взаимосвязь и соподчиненность, которые важно учитывать в процессе их формирования. Для этой парадигмы и, соответственно, технологического прорыва подходящей является модель, включающая следующие кластеры управленческих компетенций: компетенции упреждающих действий, методологические компетенции, инженерно-управленческие компетенции, инженерно-экономические компетенции, компетенции управления цифровыми ресурсами, мягкие компетенции [Гительман и др., 2020b].

Этот последовательный перечень кластеров компетенций представляет собой иерархическую структуру, в которой каждый из кластеров включает в себя управленческие способности, содержащиеся в расположенных ниже компетенциях (табл. 1).

В соответствии с изложенным пониманием соподчиненности и взаимосвязей основных кластеров компетенций менеджеров, способных работать в парадигме упреждающего управления, определяется оптимальная логика их формирования в обучении (рис. 2).

Все эти компетенции формируются на основе и в значительной части в процессе фундаментальной подготовки, которая создает научное понимание задач и возможностей их решения. Фундаментальные знания являются базой для формирования междисциплинарных компетенций, а гибкость мышления обеспечивает качество и динамику этого процесса [Гительман и др., 2022]. В свою очередь, формируемые междисциплинарные компетенции развивают гибкость управленческого мышления и закрепляют фундаментальные знания. Таким образом, формирование способностей к решению междисциплинарных задач тесно взаимосвязано с фундаментальными знаниями и гибкостью управленческого мышления.

Дадим обобщенную характеристику рассмотренных выше кластеров компетенций.

Компетенции упреждающих действий – способность предвидеть изменения многих разнородных факторов, собы-

Рис. 2. Логика формирования управленческих компетенций для технологического прорыва в соответствии с соподчиненностью их содержания
Fig. 2. The logic of the formation of managerial competencies for a technological breakthrough in accordance with the subordination of their content



Таблица 1
Структура междисциплинарных компетенций менеджеров
Table 1
The structure of interdisciplinary competencies of managers

Кластеры компетенции	Примеры конкретных компетенций
Упреждающих действий	<ul style="list-style-type: none"> Создание систем раннего обнаружения угроз и возможностей Концептуальное проектирование Визуальная аналитика Конструирование будущего компании Разработка стратегий лидерства Организация опережающего обучения
Методологические	<ul style="list-style-type: none"> Выбор инструментов для решения новых задач с учетом их междисциплинарной специфики Разработка интегрированных решений на стыке менеджмента, инженерии, экономики, IT-технологий, экологии, психологии, социологии Концептуализация новых научных знаний и технологий при разработке инновационных проектов Оценка необходимости актуализации своих профессиональных компетенций в соответствии с новыми междисциплинарными знаниями
Инженерно-экономические	<ul style="list-style-type: none"> Экономическая оценка инженерных решений Комплексная аналитика при решении задач прорыва Управленческий учет в междисциплинарных проектах Экономические расчеты и модели опережающего развития бизнеса Управление инвестициями в инженерии инноваций Оценка затрат и прогнозирование результатов крупных проектов Оценка рисков и эффективности использования ресурсов
Инженерно-управленческие	<ul style="list-style-type: none"> Организация процессов технологической модернизации Управление портфелями проектов Поддержка технологического предпринимательства Управление взаимодействием сотрудников, подрядчиков, разработчиков при решении сложных задач Организация сетевой кооперации и распределенного лидерства
Управления цифровыми ресурсами	<ul style="list-style-type: none"> Цифровые инструменты дистанционного управления Применение интернет-технологий в организационной деятельности Технологии использования умных систем Организация бизнес-процессов в виртуальной среде Разработка концепции цифровизации технологических процессов
Мягкие (soft skills)	<ul style="list-style-type: none"> Социальные, кросс-культурные и межличностные коммуникации Способности к продуктивному сотрудничеству и командной работе в цифровой среде Способности к саморазвитию, самообучению и саморегуляции Способности к адаптации и достижению результатов в изменяющихся условиях

тий и контекста, прогнозировать будущее организации и на основе этого вырабатывать решения и действия на опережение для адаптации систем и бизнес-процессов к предполагаемому и непредсказуемому изменению.

В компетенциях упреждающих действий особо выделяются *исследовательские*, определяемые как способность видеть необходимость дополнительного изучения тех или иных вопросов и условий организационно-управленческой деятельности, ставить конкретные задачи прикладного исследования и организовывать его проведение, использовать полученные результаты для принятия решений с учетом возможных изменений во внутренней и внешней среде организации.

Методологические компетенции, так же, как и исследовательские, приобретают высокую значимость при упреждающем управлении и организации опережающего обучения. Они представляют собой способности, позволяющие вырабатывать новое видение и перестройку своей деятельности в связи с появлением кардинальных изменений в организационных системах. Теоретическая подготовка, гибкие интеллектуальные модели и адаптивные индивидуальные управленческие стратегии менеджеров являются необходимыми

условиями формирования методологических компетенций, которые:

- расширяют диапазон междисциплинарности и арсенал системных действий, требующихся для решения новых сложных задач;
- обеспечивают интегрированные решения на стыке менеджмента, инженерии, экономики, IT-технологий, экологии, психологии, социологии и других научных областей;
- устанавливают и используют взаимосвязи между имеющимся опытом и новыми областями деятельности, а также новыми профессиями, которые становятся необходимыми для решения инновационных задач.

Инженерно-экономические компетенции (ИЭК) – способности использовать экономические знания при оценке эффективности создания новых технико-технологических систем и их эксплуатации. Владение этими компетенциями – неперемное условие работы руководителя, чтобы принимать решения в части инновационной деятельности.

Инженерно-управленческие компетенции (ИУК) – способности организовывать активный инновационный процесс, необходимые организационные изменения и соответ-

ствующую корпоративную культуру, управлять жизненным циклом технологических систем, совершенствовать внутренние и внешние коммуникации, работу с персоналом (подбор, мотивацию, профессиональный рост и развитие способностей сотрудников), определять приоритеты распределения ресурсов с учетом интересов стейкхолдеров.

К сожалению, в зарубежных публикациях проблемам формирования ИЭК и ИУК внимание практически не уделяется. Факт того, что менеджерам нужно знать основы инженерии и экономики, равно как и то, что инженерам необходимо владеть отдельными управленческими инструментами, уметь работать в проектных командах и понимать логику предпринимательства, кажется сегодня бесспорным. Но при более глубоком литературном анализе выясняется, что конкретные инструменты освоения инженерно-экономических компетенций руководителей, их состав, требуемый образовательный контент описываются весьма поверхностно.

Тем не менее некоторые обобщения относительно других взглядов на трактовки этих видов компетенций сделать можно. Так, под ИЭК, как правило, понимается *техническая грамотность*, которая выражается в различных атрибутах: умении «говорить на одном языке» с инженерным персоналом, читать простейшие схемы и чертежи, понимать состав и структуру оборудования производственных систем и в конечном счете на основе этих знаний определять экономическую составляющую тех или иных инженерных решений [Childs, Gibson, 2009; Barrett, 2020; Klinbumrung, 2020]. Целевая функция ИЭК сформулирована в [El-Baz, El-Sayegh, 2007] и заключается в том, чтобы помочь менеджерам «расшить» производственный цикл на отдельные этапы, оценить стоимость и спрогнозировать вклад каждого из них в общий финансовый результат компании.

Что касается ИУК, то они являются «следствием» ИЭК и, по мнению ряда авторов [Panuwatwanich et al., 2011; Pons, 2015; Jamieson, Donald, 2020], включают разнообразные умения и навыки принятия решений относительно развития бизнеса с учетом влияния технологического фактора на экономику компании, ее организационное устройство, модель рыночного поведения. Таким образом, ИЭК (компетенции первого уровня) позволяют *лишь оценить стоимость* тех или иных производственных решений, перевести инженерные разработки, прототипы, рационализаторские предложения в деньги, а ИУК (компетенции следующего уровня) обеспечивают возможность на основе такой инженерно-экономической оценки *создавать более глубокие проекты* преобразований бизнеса.

Результаты наших исследований [Гительман и др., 2020а; Гительман и др., 2020б; Профессионалы в конкуренции..,

2021] демонстрируют многократно возросшую значимость при управлении сложными производственными системами ИЭК и ИУК, в основе которых лежат знания новейших технологий и их влияния на организацию деятельности, бизнес-модели, оценку эффективности и рисков, требования к персоналу. Особое значение указанные компетенции приобретают при цифровизации: без владения ими руководитель не сможет ставить конкретные содержательные задачи специалистам.

Компетенции управления цифровыми ресурсами (цифровые компетенции менеджера) – умение работать со сложными информационными системами, большими массивами данных и искусственным интеллектом, а также перестраивать бизнес-процессы и организационные системы на основе учета и использования возможностей облачных технологий, интернета вещей, самообучаемых роботизированных комплексов и умных сред.

Определение содержания и структуры цифровых компетенций – весьма актуальная тема в международной исследовательской повестке [Van Laar et al., 2019; Oberländer et al., 2020; Van Laar et al., 2020]. В частности, Э. Ван Лаар с коллегами [Van Laar et al., 2019; Van Laar et al., 2020] предпринимает попытку создать таксономию цифровых компетенций, включающую пять уровней. Разработчики таксономии предполагают, что, не освоив компетенции первого уровня, невозможно в полной мере владеть компетенциями второго уровня и т.д. (рис. 3).

Рис. 3. Таксономия базовых цифровых компетенций менеджеров
Fig. 3. Taxonomy of basic digital competencies of managers



Рис. 4. Главные мягкие компетенции руководителей
Fig. 4. The main soft skills of managers

Источник: составлено авторами по [Обучение цифровым навыкам..., 2018; Apostolopoulos, 2020].

В основе цифровых компетенций лежат цифровые навыки – устоявшиеся, доведенные до автоматизма модели поведения, основанные на знаниях и умениях в области использования цифровых устройств, коммуникационных приложений и виртуальных сетей [Обучение цифровым навыкам..., 2018].

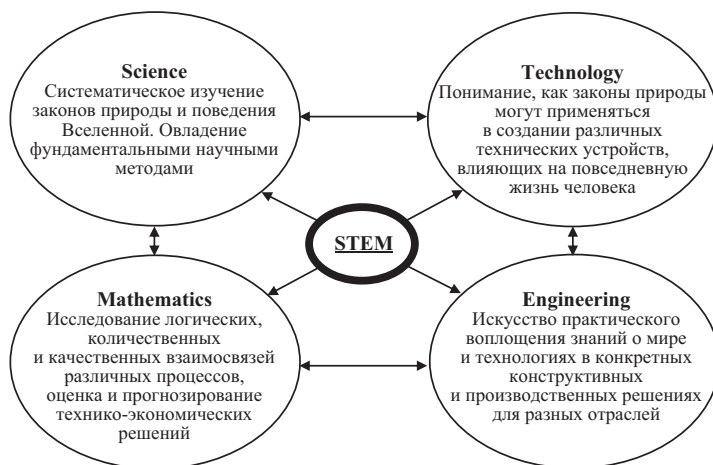
Мягкие компетенции (универсальные, soft skills) – способность действовать, осуществлять самоанализ и решать задачи с учетом личностных качеств партнеров, социальной среды, групповых и межличностных взаимодействий, являющихся сходными во многих областях и сферах деятельности. По результатам опроса, проведенного разработчиком образовательных сервисов TalentLMS, были выявлены мягкие компетенции, которые необходимо развивать большинству сотрудников опрошенных компаний (рис. 4).

Из мягких компетенций следует выделить способность к командной работе, которая с каждым годом становится все более важным и необходимым элементом профессионализма менеджера, особенно при решении задач технологической модернизации и цифровой трансформации бизнеса.

2. В центре актуальной повестки – инженерно-экономические и инженерно-управленческие компетенции

Анализ мировой практики показывает, что данные компетенции формируются в связке в специальных программах по инженерному менеджменту (или менеджменту в инженерии, Engineering Management), как правило, реализуемых в магистратуре (хотя известны примеры как бакалаврских, так и MBA-программ в этой области, а также совмещение магистратуры и MBA, как это делается в Гарвардском университете [MS/MBA: Engineering sciences, w.u.; Top 9 stem-certified..., w.u.]). Стандартное требование к поступающим в магистратуру – наличие базового образования по модели STEM (Science – наука, Technology – технологии, Engineering – инженерия и Mathematics – математика) [Masters in engineering management..., 2021].

Под STEM понимается концепция междисциплинарного проблемного обучения, вовлекающего студентов в деятельность, связанную с дизайном, разработкой и эксплуатацией технологических систем; открытые, кейс-ориентированные

Рис. 5. Концепция STEM в образовании
Fig. 5. STEM concept in education

дискуссии по актуальным проблемам из мира науки, технологий, социальной сферы; решение задач конкретных отраслей и компаний на основе применения фундаментальных знаний о природе и законов технологического развития; командную и индивидуальную работу по решению задач высокой неопределенности [White, 2014; Zaher, Damaj, 2018; Application trends..., 2019].

Все элементы концепции тесно взаимосвязаны и органично дополняют друг друга. Смысловые роли, которые играет каждый из элементов в образовательном процессе, показаны на рис. 5.

По мере усложнения объекта изучения и роста квалификации студентов пропорции STEM смещаются в сторону увеличения элементов Technology и Engineering [Application trends..., 2019]. Другими словами, чем сложнее обсуждаемые вопросы и квалифицированнее аудитория, тем меньше часов в учебном плане уделяется фундаментальным законам и методам и больше – прикладным.

Анализ учебных планов магистерских программ в области Engineering Management, реализуемых в ведущих университетах мира (входящих в топ-100 международных рейтингов QS и THE), позволяет выделить три их типа.

1. Программы, нацеленные на универсальную подготовку руководителей. Включают в среднем 10–15 курсов в области

Таблица 2
Годовая магистерская программа по менеджменту в инженерии, Университет Дьюка (США)
Table 2
Annual master's program in management in engineering from Duke University (USA)

Дисциплины	1-й семестр	2-й семестр
Базовые	Маркетинг Финансы в хайтек-индустрии	Интеллектуальная собственность, бизнес-право и предпринимательство Менеджмент в хайтек-индустрии
Элективные (4 на выбор)	Управление разработкой продукта Коммерциализация хайтек-инноваций Операционный менеджмент Количественный финансовый анализ Дизайн-мышление Проектирование клиентского опыта Искусственный интеллект в действии Маркетинг, аналитика и исследования Поиск и аналитика данных Технологии работы с данными в реальном времени Фундаментальные основы науки о данных Фундаментальные основы менеджмента программного обеспечения (ПО) Управление качеством ПО Конкурентные стратегии I Практика промышленного консалтинга I Управление проектами I Модели управленческих решений I	Переговоры и продажи Продвинутое финансирование для наукоемкого бизнеса Управление цепочками поставок Инновационный менеджмент Новые возможности аналитики больших данных Визуализация данных Принципы и области применения машинного обучения Интеллектуальное управление активами Дизайн неопределенности и оптимизация решений Продуктовый дизайн Инженерное предпринимательство Конкурентные стратегии II Практика промышленного консалтинга II Управление проектами II Модели управленческих решений II

производственного, операционного, IT-менеджмента, иногда с фокусом на передовые технологии промышленной революции. Изучаемые курсы можно условно разбить на два блока: традиционные (финансы и экономика, учет, управление качеством, управление персоналом, операционный менеджмент) и междисциплинарные с уклоном в технологический аспект бизнеса (системная инженерия, разработка инноваций в инженерии и менеджменте, информационно-аналитические системы, бизнес-моделирование, управление проектами развития производства и бизнеса) [Mesquita et al., 2015]. Пример программы такого типа приведен в табл. 2.

2. Программы подготовки руководителей для конкретных отраслей с технологиями повышенной сложности, играющими значимую роль в функционировании и развитии бизнеса. Соответствующий пример приведен в табл. 3.

3. Продвинутое программы, ориентированные на обучение инновационных менеджеров, подготовленных к непрерывному освоению, тестированию и внедрению технологий будущего в инженерии, IT, секторе экологической безопасности.

В качестве примеров программ третьего типа приведем Стэнфордский университет (США) и Массачусетский технологический институт (США).

Таблица 3
Магистерская программа «Менеджмент и инженерия в электроэнергетике»,
Университет Аахена (Германия) + Маастрихтская школа бизнеса (Нидерланды)
Table 3
Master's program "Management and engineering in the power industry" from
University of Aachen (Germany) + Maastricht Business School (The Netherlands)

1-й семестр (Аахен)	Электрические машины I Тестирование и диагностика в инженерии сложных систем Преобразования энергии: фундаментальные основы, топология, аналитические инструменты Системы хранения и аккумуляции электроэнергии Стратегия предпринимательства Стратегия технологического развития	2-й семестр (Аахен)	Электрические машины II Высоковольтное оборудование в магистральных и распределительных электрических сетях Автоматизация в сложных энергосистемах Аварии и устойчивость энергосистем Экономика энергетики в контексте либерализованных энергорынков Финансы и учет (контроллинг) Системы хранения и аккумуляции электроэнергии – лабораторная практика
3-й семестр (Маастрихтская школа бизнеса)	Глобальные тренды и устойчивая конкурентоспособность бизнеса Организационное развитие и преобразования Управление международными сетевыми проектами Бизнес-экономика Ответственное управление цепочками поставок Управление человеческим капиталом	4-й семестр (Аахен или Маастрихтская школа бизнеса)	Подготовка магистерской диссертации

Программа по менеджменту и инженерии в Стэнфорде выстроена вокруг шести исследовательских тем, которые напрямую интегрированы в учебный контент как на уровне бакалавриата, так и в магистратуре: вычислительная наука об обществе, принятие решений и анализ рисков, исследования операций, управление организациями, технологиями и предпринимательство, политика и стратегия, количественные методы финансового анализа. Среди главных результатов обучения по программе: владение математическим аппаратом, умение планировать и проводить эксперименты, умение создавать дизайн сложных систем (на основе инструментов системной инженерии).

В MIT программа «Системный дизайн и менеджмент» построена по трехорбитному принципу. На центральной орбите – базовые курсы по инженерии и менеджменту (36 зачетных единиц). На второй орбите – обязательные курсы углубленного изучения (в объеме 12 зачетных единиц по инженерии + 12 зачетных единиц по менеджменту). И, наконец, на третьей орбите – элективные курсы по выбору студента (табл. 4). Студентам необходимо набрать минимум 30 зачетных единиц, при этом выбор осуществляется из инженерных, управленческих и междисциплинарных курсов. Перечень элективов для выбора значителен: примерно 150 курсов в области инженерии, 50 – управленческих и 30 междисциплинарных.

Практика ведущих университетов демонстрирует повышенный интерес к инженерно-управленческому и инженер-

но-экономическому образованию. И это не случайно: во главу угла все в большей мере ставятся производства будущего, индустрии 4.0. В российских университетах, ориентированных на сложные высокотехнологичные отрасли (МИФИ, МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИТМО и ряде других), этим вопросам при подготовке менеджеров и экономистов также уделяется все большее внимание.

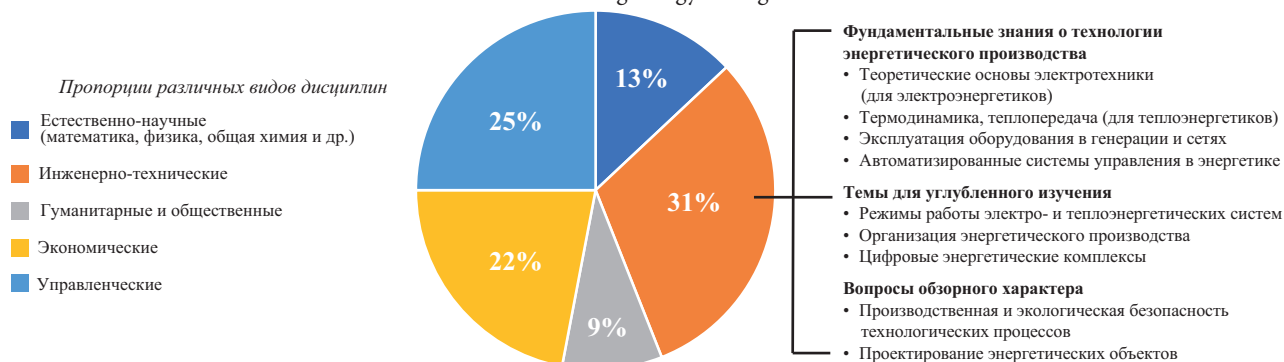
В сложных высокотехнологичных отраслях ИЭК являются ключевыми компетенциями, поскольку они обеспечивают функционирование и развитие предприятия, его технико-технологической и экономической систем как единого целого с позиций повышения надежности, безопасности, экологической и экономической эффективности. ИЭК востребованы при обосновании и принятии управленческих решений практически во всех сферах деятельности (логистика, финансы, маркетинг, стратегическое управление и т.д.).

Например, в электроэнергетике в рамках процесса топливоснабжения на электростанциях необходимо понимать, что котел работает на топливе определенного качества, имеет строго определенных поставщиков и цену; в финансовой деятельности при планировании бюджета энергокомпании необходимо знать связи КПД энергоблоков и бизнес-результатов; энергетический маркетинг предполагает рациональное поведение на рынке энергии и мощности активного потребителя – заказчика у энергосистемы необходимых услуг. Неспроста проведенный нами опрос экспертов выявил особую значимость инженерно-технических дисциплин при

Таблица 4
Примеры курсов программы «Системный дизайн и менеджмент» (MIT)
Table 4
“System design and management” course examples (MIT)

Тип курса	Инженерия	Менеджмент	Междисциплинарные
Базовый	Системный анализ Принципы дизайна компьютерных систем Статистика для инженеров и исследователей Инжиниринг операционной деятельности	Стратегическое управление инновациями и предпринимательство Введение в операционный менеджмент Конкуренция в нестабильной среде Экономический анализ для принятия решений	—
Углубленного изучения	Инжиниринг человеко-машинных систем бизнеса Инжиниринг распределенных компьютерных систем Ресурсное обеспечение производства: энергия, материалы, процессы Оптимизация логистических систем	Стратегия предвидения рыночных изменений Теория и практика поведенческих решений Власть и переговоры Бизнес-анализ Инвестиционный менеджмент Инновационные бизнес-экосистемы	Производственные системы Дизайн логистических систем Решения на основе анализа рисков
Элективы	Устойчивая энергетика в контексте изменений климата Инжиниринг биоматериалов Инжиниринг аэрокосмических систем Инжиниринг программного обеспечения Системная инженерия (продвинутый уровень) Безопасность киберсистем Когнитивная робототехника Интегрированная микроэлектроника Инжиниринг материалов для чистой энергетики Робототехника	Стратегические возможности в энергетике Трансформация бизнес-моделей в цифровой экономике Финансовый анализ данных и программирование Лидерство в условиях неопределенности Коммуникации на основе данных Блокчейн в бизнесе Теория игр для конкуренции за будущее	Команды креативных лидеров Инжиниринг, экономика и регулирование в электроэнергетике Анализ данных для создания новой ценности Инновационные команды Архитектура бизнес-систем Дорожные карты технологического развития бизнеса

Рис. 6. «Эталонная» структура образовательной программы подготовки менеджеров энергетики
Fig. 6. "Reference" structure of the educational program for training energy managers



Источник: составлено авторами по результатам анкетного опроса.

подготовке менеджеров энергетики: по мнению респондентов, именно такие дисциплины, органично взаимосвязанные с экономическими и управленческими, выходят в обучении на первый план и должны занимать более 30% учебной нагрузки (рис. 6).

Проблема дефицита специалистов с ИЭК существенно обостряется, если ее рассматривать в контексте научно-технического прогресса на стороне потребителей электроэнергетики – на новом этапе электрификации, характерной чертой которого является интеграция интеллектуальных систем энергетики и электропотребляющих систем в единые самонастраивающиеся и саморегулируемые производственные комплексы. Важными эффектами этого этапа электрификации становятся структурно-рыночные: появление новых рабочих мест и профессий, развитие новых рынков и смежных технологий. Например, на транспорте в связи с появлением высокоскоростных железных дорог и умной автомобильной инфраструктуры в ближайшие 5–7 лет ожидается взрывной спрос на химиков, ученых в области новых материалов, инженеров-программистов, промышленных дизайнеров, экономистов-урбанистов, проектировщиков сервисных систем [Creating the clean energy..., 2013; Technology outlook 2025..., 2016].

В целом можно отметить, что тенденции дальнейших изменений в содержании ИЭК специалистов электроэнергетики связаны с рядом факторов:

- 1) развитием энергетических рынков и усилением конкуренции;
- 2) внедрением интеллектуальных энергосистем;
- 3) диверсификацией бизнеса и развитием экономических взаимоотношений поставщиков и потребителей энергии.

3. Системная инженерия как методология использования междисциплинарных взаимосвязей в управленческих решениях

Понимание междисциплинарных взаимосвязей особо требуется руководителям отраслей, представляющих собой сложнейшие инженерно-технические комплексы, таких как электроэнергетика, телекоммуникационный сектор, атомная и нефтегазовая промышленность, транспорт, военно-косми-

ческий сектор. В этих отраслях именно технологии в широком смысле – от целевых научных исследований и инженеринговых разработок до внедрения инноваций – являются объектами концентрации междисциплинарных взаимосвязей [Schoemaker et al., 2013; Охтилев и др., 2014]. Поэтому знание инженерных основ производства и научно-технических трендов – непереносимое условие возможности руководителя успешно выполнять свои функции. Следовательно, в управленческом образовании должны быть существенно усилены объем и содержание научно-технической, инженерно-технологической и технико-экономической подготовки, что позволит менеджеру освоить связи техники, экономики, экологии, человеческого фактора [Gitelman et al., 2017], увязать профессиональные знания с уникальной отраслевой спецификой.

Поясним данный тезис на примере сверхактуальной для современного общества проблемы энергетического перехода – движения энергетики, смежных инфраструктур и электропотребляющих систем к углеродно-нейтральной модели, реализуемой на основе структурно-технологических преобразований, имеющих экологические, экономические и технологические результаты.

Уже из самого определения энергетического перехода следует объективная необходимость выявления взаимосвязей между *техникой и технологией энергетического производства, экономикой энергетики, природоохранными аспектами энергетического производства* (табл. 5). В частности, речь идет об усилении и новых формах технико-экономических связей в контуре «поставщик – потребитель», в том числе по параметрам качества и надежности энергоснабжения. Каждая из этих взаимосвязей требует конкретных междисциплинарных компетенций.

В результате учета этих междисциплинарных взаимосвязей достигается возможность выработки *интегрированных решений*, которые в содержательном плане ориентированы на:

- комплексную оценку результатов и последствий (технических, экономических, социальных, экологических) управленческих решений на основе анализа всех внутренних и внешних связей объекта управления;
- рассмотрение всех возможных вариантов достижения целевых результатов, различающихся комбинацией

Таблица 5
Междисциплинарные взаимосвязи энергетического перехода
Table 5
Interdisciplinary relationships of the energy transition

Связи	Предмет принятия управленческого решения (примеры)
Техника – экономика	Цены на электроэнергию – методика оценки показателей эффективности капиталовложений
Экономика – техника	Технико-экономические показатели энергоустановок – вопросы управления надежностью, оптимизации режимов энергосистем
Техника – экология	Различные формы воздействия энергетического оборудования на окружающую среду
Экология – техника	Экологический критерий принятия решений при управлении развитием и функционированием электроэнергетики
Экология – экономика	Экологические платежи – текущие затраты в природоохранное оборудование
Экономика – экология	Экономические ограничения, например рост цен в два раза, чтобы снизить экологические нормативы (компромиссная задача)
Экономика – общество	Влияние цен на электроэнергию и отопление на уровень жизни людей и их удовлетворенность энергетической политикой
Экология – жители региона	Влияние окружающей среды, определяемой энергетическим оборудованием, на здоровье жителей региона

используемых ресурсов, способами их привлечения и применения;

- определение технических и экономических рисков и неопределенности получения целевых результатов управленческого решения.

Такие решения требуют системного подхода, учета всех нелинейных взаимосвязей внутри сложных систем, рассмотрения с позиций полного жизненного цикла. В этом отношении наиболее подходящей методологией для их принятия и последующего воплощения является системная инженерия.

Системная инженерия вошла в инженерную практику как способ преодоления сложности разрабатываемых и сопровождаемых систем, как *междисциплинарный подход и средства, необходимые для создания успешных систем*, способных удовлетворить потребности и нужды клиентов, пользователей и других заинтересованных сторон. Применение этого подхода позволяет снизить риски и влияние системных ошибок, обеспечить взаимодействие на стыке дисциплин, где чаще всего и возникают непредвиденные сложности.

Инженерные дисциплины наиболее тесно связаны с той или иной областью знаний, на которой специализируются, и в меньшей степени вовлечены в процесс создания стоимости. В отличие от них системная инженерия в новейших представлениях [Systems engineering vision., 2021] в меньшей степени ориентирована на определенную область знаний (механику, оптику, химию и пр.) и в наибольшей – на ценности и потребности стейкхолдеров. По своей сути системная инженерия *междисциплинарна*. Для создания успешной системы необходимо быть профессионалом не только хотя бы в одной из предметных областей, определяющих систему, но и иметь достаточно глубокие знания в других областях, обладать компетенциями коммуникации со специалистами различных областей науки и практики и понимать потребности будущих пользователей.

Один из основоположников системной инженерии – Э. Сэйдж – определил системную инженерию как *технологии управления*, в большей степени связанную с техническим руководством и системным менеджментом, определяющим развитие технологий, чем с теми или иными методами, ис-

пользуемыми для разработки и поддержания успешных систем [Sage, Rouse, 2009]. При этом он выделяет три уровня системной инженерии. *Нижний уровень* – уровень технологий, обеспечивающий создание, использование и сопровождение системы. *Средний уровень* – уровень методологий, определяющий направление усилий и согласованность работы всех участников проекта. *Верхний уровень* – уровень системного менеджмента, обеспечивающий взаимодействие с внешней средой, разработку стратегии, выбор направления развития организации. Недостаточное внимание к проблемам этого уровня сводит на нет все усилия команды проекта, обрекая его на неудачу, несмотря на хорошую проработку деталей и согласованную деятельность участников.

Все уровни системной инженерии взаимосвязаны и интенсивно обмениваются информацией. Каждому уровню соответствует свой тип знаний, которые также тесно связаны между собой. *Знание практик*, аккумулирующих мастерство и опыт, позволяет эффективно и согласованно действовать в стандартных ситуациях и решать возникающие проблемы известными способами. *Знание принципов*, формализующих решения проблем, позволяет справляться с неожиданными ситуациями, работать в условиях неопределенности, разрабатывать новые системы и вырабатывать новые практики. *Знание перспектив*, как направлений развития своей отрасли и смежных с ней областей, так и изменений во внешней среде, позволяет участвовать в выполнении крупных проектов, разрабатывать и сопровождать сложные системы, обеспечивать конкурентоспособность организации. Для успеха необходимы все три типа знаний и хорошая организация взаимосвязей между ними, а также непрерывное обучение на практике и расширение имеющихся знаний.

Процессы системной инженерии предполагают количественное и качественное *формулирование* целей, задач и альтернативных решений, анализ приемлемых альтернатив и *интерпретацию* его результатов с позиций влияния на конечный результат. Эти действия выполняются итеративно, по мере накопления информации и знаний, и обеспечивают решение проблем по мере их возникновения. Для выполнения этих действий системная инженерия имеет обширный

арсенал средств, который пополняется по мере усложнения систем и решения новых проблем. На каждом уровне используется свой набор средств, но все они интегрированы и согласованы между собой.

Каждая из организаций, применяющая методологии системной инженерии, адаптирует для себя набор *методов и инструментов*, используемых на нижнем уровне (уровне технологий). Все они имеют сильную компьютерную поддержку и тесно ассоциированы с системной методологией, привязаны к процессам жизненного цикла системы и ориентированы на приоритеты, установленные на верхнем уровне.

Организации-заказчику необходимо иметь в своем составе сотрудников, способных эффективно взаимодействовать с проектировщиками, поставщиками, а также сервисными организациями, с тем чтобы создаваемый объект в наибольшей степени соответствовал назначению, условиям эксплуатации и требованиям экономичности. Технический персонал, который будет эксплуатировать объект, должен проходить обучение во время процесса разработки, создания и отладки системы. Остальным сотрудникам, связанным с эксплуатацией и обслуживанием нового объекта, следует не только понимать его возможности и особенности, но и обеспечивать наиболее эффективное использование активов и продление срока их службы. При этом овладевать новыми компетенциями необходимо менеджерам, экономистам, инженерам, что практически можно реализовать в команде. Для примера в табл. 6 указаны значимые компетенции, общие для всех участников процесса технологической модернизации в промышленности.

Локальная модернизация, связанная с заменой оборудования на действующем объекте и приведением в соответствие инфраструктуры, тоже требует использования системной инженерии, хотя и в меньшей степени. Тем не менее большая часть перечисленных в табл. 6 компетенций будет актуальна и в этом случае. Совершенствование технологии, замена отдельных узлов установленного оборудования для продления срока службы может вообще быть выполнена традиционными способами. Однако и в этом случае потребуется всесторонняя оценка всех последствий, сопоставление разных вариантов действий в контексте стратегических задач и альтернативных технических решений. Поэтому большая часть из перечисленных компетенций будет необходима и в этом варианте, хотя и не на столь высоком профессиональном уровне.

Немаловажно подчеркнуть, что все более востребованными становятся менеджеры и инженеры, способные работать в единой команде, а следовательно, имеющие общий понятийный язык, целостное видение объекта совершенствования, владеющие инструментами и средствами сетевых коммуникаций. В этом отношении заметим, что в описанных выше программах по менеджменту инженерии, ориентированных на подготовку инновационных менеджеров, вопросам, связанным с системной инженерией, уделяется особое внимание. Использование курсов по системной инженерии в программах подготовки менеджеров, экономистов, IT-специалистов является все более распространенной практикой в зарубежных университетах.

При подготовке магистров менеджмента в программах «Энергетический бизнес» и «Управление инновациями в цифровой экономике» авторами настоящей работы уже бо-

лее пяти лет реализуется оригинальный курс «Системная инженерия для менеджеров». Этот курс направлен на освоение системного подхода при решении управленческих проблем при создании и развитии сложных систем в динамичной среде. Он ориентирован на формирование у магистров системного мышления, освоение системных практик, выработку решений с учетом интересов ключевых стейкхолдеров на протяжении всего жизненного цикла продукта. В курсе рассматриваются направления развития системной инженерии, обеспечивающие междисциплинарный подход к идентификации и решению возникающих проблем, не имеющих аналогов в прошлом.

4. Принципы формирования междисциплинарных компетенций менеджеров

На организацию формирования междисциплинарных компетенций менеджеров оказывают влияние следующие закономерности данного процесса.

Управленческую компетенцию невозможно сформировать только в учебной работе в рамках одной дисциплины из-за многоаспектности задач менеджера. Для этого необходимы учебные модули, включающие дисциплины, которые обеспечивают отдельные структурные элементы компетенции, и проект, формирующий ее целостное содержание.

В учебном модуле должны присутствовать учебно-практические и проектные задачи, требующие применения знаний из всех дисциплин модуля, благодаря чему происходит выявление междисциплинарных связей, обеспечивающих интеграцию изученного содержания в практическую способность решать конкретные задачи.

Данный подход использован авторами для разработки учебных модулей в программе магистратуры, реализуемых по оригинальной технологии «Конвейер непрерывного наращивания компетенций» [Гительман и др., 2020с]. Каждый модуль направлен на формирование конкретных компетенций, соответствующих компетентностной модели менеджера индустрии будущего (табл. 7).

Цели и методы междисциплинарной подготовки менеджеров разных должностных уровней различаются между собой. Так, для менеджеров нижнего уровня наиболее важным является усвоение взаимосвязей между системами управления и умение решать нетиповые задачи. В приоритете для топ-менеджеров – формирование комплексного видения будущего, развитие компетенций масштабных преобразований, управление человеческим капиталом, трансформация стратегических приоритетов (табл. 8). С каждым уровнем ответственности возрастает диапазон междисциплинарности.

Заключение

Управленческая деятельность становится более сложной и наукоемкой по многим причинам, среди которых одной из главных является рост междисциплинарности новых задач, особенно на стыке с инженерией, что особо заметно проявляется в свете проблематики технологического прорыва. По этой причине многие хорошо знакомые менед-

Таблица 6
Компетенции, востребованные при модернизации
Table 6
Competences required during modernization

Компетенция	Требуемый уровень		
	Инженер	Экономист	Менеджер
Умение формулировать цели, расставлять приоритеты, вносить корректировки при изменении внешних условий	***	**	***
Способность быстро реагировать на изменение внешних условий	**	**	***
Умение улавливать признаки возникающих проблем и оценивать варианты решений до того, как проявится негативный эффект	***	***	***
Умение оценивать динамику изменений, выбирать значимые показатели, обеспечивать правильное измерение и анализировать результаты	***	***	***
Умение комплексно оценивать последствия принимаемых решений (анализировать ожидаемые результаты с позиции бизнеса)	***	***	***
Навыки конструктивного общения с внешними организациями, активного обмена информацией и достижения компромиссов	**	*	***
Умение оценивать эффективность с позиции всего жизненного цикла	***	***	**
Умение определять критические ресурсы и обеспечивать их эффективное использование	***	**	***
Владение современными методами и инструментами анализа и моделирования	***	***	**
Умение понимать потребности и желания клиентов и технически обеспечивать их выполнение	***	**	***

Примечание. Уровни освоения компетенций: * – начальный (базовый), ** – средний (уверенно владеет), *** – высший (профессиональный).

Таблица 7
Примеры учебных модулей и междисциплинарных компетенций, формируемых в магистратуре
Table 7
Examples of training modules and interdisciplinary competencies formed in the master's program

Модуль	Вид формируемых компетенций	Конкретные компетенции в результате обучения
Наукоемкие технологии – основа цифровизации отрасли	Инженерно-экономические и управления цифровыми ресурсами	Разработка концепции инженерного проекта нового изделия
Кадры и компетенции для цифровой экономики	Мягкие	Профессиональное саморазвитие, наращивание и использование творческого потенциала. Решение сложных организационно-управленческих задач на основе применения системного анализа
Лидерство в цифровой реальности	Упреждающих действий	Разработка бизнес-моделей и стратегий лидерства для бизнеса в цифровой среде
Экономика – финансы – инвестиции инновационного бизнеса	Инженерно-экономические	Применение аналитических и финансово-инвестиционных инструментов при принятии упреждающих решений
IT-ресурсы инновационного бизнеса	Управления цифровыми ресурсами	Обеспечение сопряженности организационных систем с информационными технологиями
Стартапы и технологическое предпринимательство	Инженерно-управленческие	Целостное видение системы: тренды – прорывные технологии – перспективные рынки – интеллектуальный потенциал организации
Менеджмент, действующий на опережение	Упреждающих действий Методологические Исследовательские	Создание системы раннего обнаружения новых возможностей
Риски в условиях неопределенности		Формирование концепций развития в условиях неопределенности
Стратегический контекст		Исследование и анализ новых рынков и технологий

Таблица 8
Реализация междисциплинарного подхода при обучении менеджеров
Table 8
Implementation of an interdisciplinary approach in training managers

Цели профессиональной подготовки	Направления и методы освоения междисциплинарности
Студенты управленческих специальностей Овладение базовыми знаниями. Умение их применять в нестандартных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> • Области новых научно-технических достижений, отраслевых технологий и представление об изменениях содержания управленческой деятельности • Организация комплексных НИР с использованием знаний из разных областей • Развитие системного, концептуального, стратегического и стоимостного мышления • Концептуальное проектирование • Деловые игры, командная работа
Менеджеры нижнего звена Понимание управленческих задач и основных систем управления. Умение решать нетиповые задачи для своего уровня. Умение работать с людьми и малыми группами. Овладение основами стоимостного мышления	<ul style="list-style-type: none"> • Демонстрация разноаспектности и комплексности управленческих знаний (для выпускников инженерных специальностей) • Обучение передовому опыту с разбором конкретных ситуаций • Деловые игры, стратегические сессии, командная работа в решении инженерно-управленческих задач
Менеджеры среднего звена Умение решать нетиповые задачи для своего уровня, анализировать проблемные ситуации, формулировать и решать проблемы. Развитие системного мышления	<ul style="list-style-type: none"> • Интеграция управленческих знаний в целостную систему • Обучение передовому опыту с разбором конкретных ситуаций • Концептуальное проектирование задач развития своей сферы деятельности • Деловые игры, стратегические сессии, командная работа по решению инновационных задач
Топ-менеджеры Умение интегрировать экономические, производственные, экологические, политические и культурные цели и решать сложные комплексные проблемы. Определять и развивать точки роста, создавать команды прорыва; организовывать масштабные преобразования	<ul style="list-style-type: none"> • Формирование видения будущего • Методы генерации бизнес-идей • Поведение в экстремальных ситуациях • Развитие способностей изменять видение, стратегию и приоритеты задач • Концептуальное проектирование будущего • Деловые игры, стратегические сессии, командная работа по решению задач разработки и реализации стратегии

жерам экономические и управленческие компетенции в современной практике трансформируются в инженерно-экономические и инженерно-управленческие. Примерно то же самое происходит и с другими компетенциями на стыке с другими областями знаний, наиболее часто – на стыке с информационными науками при решении задач цифровизации бизнес-процессов. Становятся необходимы кардинальные изменения содержания и методологии профессиональной подготовки менеджеров. На первый план в ней выходят исследовательские и проектно-инновационные задания, занимающие приоритетное место в содержании учебных дисциплин и междисциплинарных проектах по модулям.

Междисциплинарные компетенции не появляются благодаря даже хорошему владению дисциплинарными знаниями всех учебных курсов. Для достижения междисциплинарных результатов обучения необходимы важные дополнения:

- 1) учебные дисциплины, раскрывающие взаимосвязи между разными областями знаний и предлагающие инструментальный для их интеграции и практического использования в проектных задачах;

- 2) исследовательский опыт стыковых вопросов и проблем, показывающих сущность и важность междисциплинарных связей и отношений;
- 3) практика применения междисциплинарных знаний решения реальных задач бизнеса, благодаря которой они трансформируются в управленческие компетенции.

Передовой опыт зарубежного и отечественного управленческого образования это убедительно подтверждает.

Очень важно, чтобы понимание сути и значения междисциплинарных вопросов для успешной деятельности менеджера формировалось уже на первых этапах управленческого образования. Ведь по мере служебного роста диапазон и сложность междисциплинарного содержания в работе менеджера увеличиваются и овладеть им на каждом более высоком уровне оказывается все сложнее. Поэтому в программах подготовки менеджеров, особенно магистерских, необходимо не только формировать междисциплинарные компетенции, но также обучать практикам их анализа, оценки и саморазвития.

Литература

Гительман Л.Д., Исаев А.П., Кожевников М.В. (2020а). *Опережающее управленческое образование для индустрии будущего*. Екатеринбург: Изд-во УрГУ.

Гительман Л.Д., Исаев А.П., Кожевников М.В. (2020b). Реформирование управленческого образования – условие устойчивого развития экономики. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 11(2): 116–131. DOI: 10.17747/2618-947X-2020-2-116-131.

Гительман Л.Д., Исаев А.П., Кожевников М.В., Гаврилова Т.Б. (2022). Фундаментальные знания и гибкость мышления – приоритеты управленческого образования для технологического прорыва. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 13(2): 92–107. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-2-92-107.

Гительман Л.Д., Кожевников М.В., Рыжук О.Б. (2020с). Технология ускоренного трансфера знаний для опережающего обучения специалистов цифровой экономики. *Экономика региона*, 16(2): 435–448. DOI: 10.17059/2020-2-8.

Обучение цифровым навыкам: глобальные вызовы и передовые практики: аналитический отчет (2018). М.: Корпоративный университет Сбербанка.

Охтилев М.Ю., Мустафин Н.Г., Миллер В.Е., Соколов Б.В. (2014). Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы. *Известия вузов. Приборостроение*, 57(11): 7–15.

Профессионалы в конкуренции за будущее. Опережающее обучение для лидерства в цифровой индустрии (2021), под общ. ред. Л.Д. Гительмана, А.П. Исаева. М.: СОЛОН-Пресс.

Apostolopoulos A. (2020). *Employee upskilling & reskilling statistics: Casting light on the trend*. Talentlms.com. <https://www.talentlms.com/blog/reskilling-upskilling-training-statistics/>.

Application trends survey report 2019. (2019). Graduate Management Admission Council (GMAC). <https://www.gmac.com/-/media/files/gmac/research/admissions-and-application-trends/application-trends-survey-report-2019.pdf>.

Arbesman S. (2015). *The deep interdisciplinarity of everything around us*. Wired.com. <https://www.wired.com/2015/03/deep-interdisciplinarity-everything-around-us/amp>.

Barrett C. V. (2020). *Engineering management competencies: A framework for present and future engineering environments*. Master of science thesis, engineering management & systems engineering, Old Dominion University. DOI: 10.25777/v6h6-8r34.

Carr G., Loucks D.P., Blöschl G. (2018). Gaining insight into interdisciplinary research and education programmes: A framework for evaluation. *Research Policy*, 47(1): 35–48. DOI: 10.1016/j.respol.2017.09.010.

Childs P., Gibson P. (2009). Management education for engineers. *20th Australasian association for engineering education conference, University of Adelaide*, 6–9 December 2009. <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=gsbpapers>.

Chryssolouris G., Mavrikios D., Mourtzis D. (2013). Manufacturing systems: Skills & competencies for the future. *Procedia CIRP*, 7: 17–24. DOI: 10.1016/j.procir.2013.05.004.

Creating the clean energy economy. Analysis of the electric vehicle industry, international economic development council report (2013). International Economic Development Council. http://www.iedconline.org/clientuploads/Downloads/edrp/IEDC_Electric_Vehicle_Industry.pdf.

El-Baz H.S., El-Sayegh S. (2007). Developing engineering management core competencies. *5th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 29 May – 1 June 2007, Tampico, México. http://www.laccei.org/LACCEI2007-Mexico/Papers%20PDF/CI157_ElBaz.pdf.

Gitelman L., Kozhevnikov M., Ryzhuk O. (2019). Advance management education for power-engineering and industry of the future. *Sustainability*, 21(11): 5930. DOI: 10.3390/su11215930.

Gitelman L.D., Sandler D.G., Gavrilova T.B., Kozhevnikov M.V. (2017). Complex systems management competency for technology modernization. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 12(4): 525–537. DOI: 10.2495/DNE-V12-N4-525-537.

Jamieson M., Donald J. (2020). Building the engineering mindset: Developing leadership and management competencies in the engineering curriculum. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA) Conference*. Paper 30. DOI: 10.24908/pceea.vi0.14129.

Klinbumrung K. (2020). Engineering education management using project-based and MIAP learning model for microcontroller applications. *7th International Conference on Technical Education (ICTechEd7)*: 33–36. DOI: 10.1109/ICTechEd749582.2020.9101246.

Kodama F. (2018). Learning mode and strategic concept for the 4th Industrial revolution. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3): 32. DOI: 10.3390/joitmc4030032.

Masters in engineering management vs MBA: A checklist for choosing (2021). Colorado.edu. <https://www.colorado.edu/emp/2021/10/27/masters-engineering-management-vs-mba-checklist-choosing>.

Mesquita D., Lima R.M., Flores M.A., Marinho-Araujo C., Rabelo M. (2015). Industrial engineering and management curriculum profile: Developing a framework of competences. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(3): 121–131.

MS/MBA: Engineering sciences. Hbs.edu. <https://www.hbs.edu/mba/academic-experience/joint-degree-programs/Pages/ms-mba-engineering-sciences.aspx>.

Oberländer M., Beinicke A., Bipp T. (2020). Digital competencies: A review of the literature and applications in the workplace. *Computers & Education*, 146: 103752. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103752.

Panuwatwanich K., Rodney S., Kali Prasad N. (2011). Project management skills for engineers: Industry perceptions and implications for engineering project management course. *Proceedings of the 2011 AAEE Conference*, Fremantle, Western Australia, 569–575.

- Pons D.J. (2015). Changing importances of professional practice competencies over an engineering career. *Journal of Engineering and Technology Management*, 38: 89–101. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2015.10.001.
- Sage A., Rouse W. (2009). *Handbook of Systems Engineering and Management*. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Schoemaker P.J.H., Day G.S., Snyder S.A. (2013). Integrating organizational networks, weak signals, strategic radars and scenario planning. *Technological Forecasting & Social Change*, 80: 815–824. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.10.020.
- Systems engineering vision 2035. Engineering solutions for a better world* (2021). Incose. https://www.incose.org/docs/default-source/se-vision/incose-se-vision-2035.pdf?sfvrsn=e32063c7_10.
- Technology Outlook 2025 – The 10 technology trends creating a new power reality* (2016). Arnhem: DNV GL.
- Top 9 STEM-certified MBA programs* (w.y.). Find-mba.com. <https://find-mba.com/lists/other-top-business-school-lists/top-9-stem-certified-mba-programs>.
- Van Laar E., Van Deursen A.J.A.M., Van Dijk J.A.G.M., De Haan J. (2019). Determinants of 21st-century digital skills: A large-scale survey among working professionals. *Computers in Human Behavior*, 100: 93–104. DOI: 10.1016/j.chb.2019.06.017.
- Van Laar E., Van Deursen A.J.A.M., Van Dijk J.A.G.M., De Haan J. (2020). Measuring the levels of 21st-century digital skills among professionals working within the creative industries: A performance-based approach. *Poetics*, 81: 101434. DOI: 10.1016/j.poetic.2020.101434.
- White D.W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14): 1–9.
- Zaher A.A., Damaj I.W. (2018). Extending STEM education to engineering programs at the undergraduate college level. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 8(3): 4–16. DOI: 10.3991/ijep.v8i3.8402.

References

- Gitelman L.D., Isayev A.P., Kozhevnikov M.V. (2020a). *Advanced management education for the industry of the future*. Ekaterinburg, Ural University Press. (In Russ.)
- Gitelman L.D., Isayev A.P., Kozhevnikov M.V. (2020b). Reforming the management of education - condition of sustainable economic development. *Strategic Decisions and Risk Management*, 11(2): 116-131. DOI: 10.17747/2618-947X-2020-2-116-131. (In Russ.)
- Gitelman L.D., Isayev A.P., Kozhevnikov M.V., Gavrilova T.B. (2022). Fundamental knowledge and flexibility of thinking as priorities of management education for technological breakthrough. *Strategic Decisions and Risk Management*, 13(2): 92-107. DOI: 10.17747/2618-947X-2022-2-92-107. (In Russ.)
- Gitelman L.D., Kozhevnikov M.V., Ryzhuk O.B. (2020c). Technology of accelerated knowledge transfer for anticipatory learning of digital economy specialists. *Economy of Region*, 16(2): 435-448. DOI: 10.17059/2020-2-8. (In Russ.)
- Digital skills education: Global challenges and best practices: analytical report* (2018). Moscow, Sberbank Corporate University. (In Russ.)
- Okhtilev M.Yu., Mustafin N.G., Miller V.Ye., Sokolov B.V. (2014). The concept of complex objects' proactive management: Theoretical and technological basis. *Proceedings of High Schools. Instrument Making*, 11(57): 7-15. (In Russ.)
- Gitelman L.D., Isayev A.P. (eds.) (2021). *Professionals in competition for the future. Advanced learning for leadership in the digital industry*. Moscow, SOLON-Press. (In Russ.)
- Apostolopoulos A. (2020). *Employee upskilling & reskilling statistics: Casting light on the trend*. Talentlms.com. <https://www.talentlms.com/blog/reskilling-upskilling-training-statistics/>.
- Application trends survey report 2019*. (2019). Graduate Management Admission Council (GMAC). <https://www.gmac.com/-/media/files/gmac/research/admissions-and-application-trends/application-trends-survey-report-2019.pdf>.
- Arbesman S. (2015). *The deep interdisciplinarity of everything around us*. Wired.com. <https://www.wired.com/2015/03/deep-interdisciplinarity-everything-around-us/amp>.
- Barrett C. V. (2020). *Engineering management competencies: A framework for present and future engineering environments*. Master of science thesis, engineering management & systems engineering, Old Dominion University. DOI: 10.25777/v6h6-8r34.
- Carr G., Loucks D.P., Blöschl G. (2018). Gaining insight into interdisciplinary research and education programmes: A framework for evaluation. *Research Policy*, 47(1): 35-48. DOI: 10.1016/j.respol.2017.09.010.
- Childs P., Gibson P. (2009). Management education for engineers. *20th Australasian association for engineering education conference, University of Adelaide*, 6-9 December 2009. <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=gsbpapers>.
- Chryssolouris G., Mavrikios D., Mourtzis D. (2013). Manufacturing systems: Skills & competencies for the future. *Procedia CIRP*, 7: 17-24. DOI: 10.1016/j.procir.2013.05.004.
- Creating the clean energy economy. Analysis of the electric vehicle industry, international economic development council report* (2013). International Economic Development Council. http://www.iedconline.org/clientuploads/Downloads/edr/IEDC_Electric_Vehicle_Industry.pdf.

- El-Baz H.S., El-Sayegh S. (2007). Developing engineering management core competencies. *5th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 29 May - 1 June 2007, Tampico, México. http://www.laccei.org/LACCEI2007-Mexico/Papers%20PDF/CI157_ElBaz.pdf.
- Gitelman L., Kozhevnikov M., Ryzhuk O. (2019). Advance management education for power-engineering and industry of the future. *Sustainability*, 21(11): 5930. DOI: 10.3390/su11215930.
- Gitelman L.D., Sandler D.G., Gavrilova T.B., Kozhevnikov M.V. (2017). Complex systems management competency for technology modernization. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 12(4): 525-537. DOI: 10.2495/DNE-V12-N4-525-537.
- Jamieson M., Donald J. (2020). Building the engineering mindset: Developing leadership and management competencies in the engineering curriculum. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA) Conference*. Paper 30. DOI: 10.24908/pceea.vi0.14129.
- Klinbumrung K. (2020). Engineering education management using project-based and MIAP learning model for microcontroller applications. *7th International Conference on Technical Education (ICTechEd7)*: 33-36. DOI: 10.1109/ICTechEd749582.2020.9101246.
- Kodama F. (2018). Learning mode and strategic concept for the 4th Industrial revolution. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3): 32. DOI: 10.3390/joitmc4030032.
- Masters in engineering management vs MBA: A checklist for choosing* (2021). Colorado.edu. <https://www.colorado.edu/emp/2021/10/27/masters-engineering-management-vs-mba-checklist-choosing>.
- Mesquita D., Lima R.M., Flores M.A., Marinho-Araujo C., Rabelo M. (2015). Industrial engineering and management curriculum profile: Developing a framework of competences. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(3): 121-131.
- MS/MBA: Engineering sciences*. Hbs.edu. <https://www.hbs.edu/mba/academic-experience/joint-degree-programs/Pages/ms-mba-engineering-sciences.aspx>.
- Oberländer M., Beinicke A., Bipp T. (2020). Digital competencies: A review of the literature and applications in the workplace. *Computers & Education*, 146: 103752. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103752.
- Panuwatwanich K., Rodney S., Kali Prasad N. (2011). Project management skills for engineers: Industry perceptions and implications for engineering project management course. *Proceedings of the 2011 AAEE Conference*, Fremantle, Western Australia, 569-575.
- Pons D.J. (2015). Changing importances of professional practice competencies over an engineering career. *Journal of Engineering and Technology Management*, 38: 89-101. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2015.10.001.
- Sage A., Rouse W. (2009). *Handbook of Systems Engineering and Management*. USA, John Wiley and Sons, Inc.
- Schoemaker P.J.H., Day G.S., Snyder S.A. (2013). Integrating organizational networks, weak signals, strategic radars and scenario planning. *Technological Forecasting & Social Change*, 80: 815-824. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.10.020.
- Systems engineering vision 2035. Engineering solutions for a better world* (2021). Incose. https://www.incose.org/docs/default-source/se-vision/incose-se-vision-2035.pdf?sfvrsn=e32063c7_10.
- Technology Outlook 2025 – The 10 technology trends creating a new power reality* (2016). Arnhem, DNV GL.
- Top 9 STEM-certified MBA programs* (w.y.). Find-mba.com. <https://find-mba.com/lists/other-top-business-school-lists/top-9-stem-certified-mba-programs>.
- Van Laar E., Van Deursen A.J.A.M., Van Dijk J.A.G.M., De Haan J. (2019). Determinants of 21st-century digital skills: A large-scale survey among working professionals. *Computers in Human Behavior*, 100: 93-104. DOI: 10.1016/j.chb.2019.06.017.
- Van Laar E., Van Deursen A.J.A.M., Van Dijk J.A.G.M., De Haan J. (2020). Measuring the levels of 21st-century digital skills among professionals working within the creative industries: A performance-based approach. *Poetics*, 81: 101434. DOI: 10.1016/j.poetic.2020.101434.
- White D.W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14): 1-9.
- Zaher A.A., Damaj I.W. (2018). Extending STEM education to engineering programs at the undergraduate college level. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 8(3): 4-16. DOI: 10.3991/ijep.v8i3.8402.

Информация об авторах

Лазарь Давидович Гительман

Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой систем управления энергетикой и промышленными предприятиями, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия). WOS Research ID: АНВ-8473-2022; Scopus Author ID: 55806230600.

Область научных интересов: энергетический бизнес в электро- и теплоэнергетике, упреждающее управление, организационные преобразования, управленческое образование.

ldgitelman@gmail.com

Александр Петрович Исаев

Доктор экономических наук, профессор кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия).

Область научных интересов: управленческий профессионализм, проектирование образовательных систем, программ и технологий, инновационное лидерство.

ap_isaev@mail.ru

Михаил Викторович Кожевников

Кандидат экономических наук, доцент кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия). WOS Research ID: AAB-6693-2020; Scopus Author ID: 55805368400; ORCID: 0000-0003-4463-5625.

Область научных интересов: наукоемкий сервис, инновационное развитие промышленности, управленческое образование.

m.v.kozhevnikov@urfu.ru

Татьяна Борисовна Гаврилова

Кандидат экономических наук, доцент кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия). Scopus Author ID: 57190430748.

Область научных интересов: системная инженерия, бизнес-аналитика, информационные технологии в менеджменте.

ems_2005@mail.ru

About the authors**Lazar D. Gitelman**

Doctor of economic sciences, professor, head of the Department of Energy and Industrial Management Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia). WOS Research ID: AHB-8473-2022; Scopus Author ID: 55806230600.

Research interests: proactive management, organizational transformations, sustainable energy, management education.

ldgitelman@gmail.com

Alexander P. Isayev

Doctor of economic sciences, professor of the Department of Energy and Industrial Management Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia).

Research interests: managerial professionalism, design of educational systems, programs and technologies, innovative leadership.

ap_isaev@mail.ru

Mikhail V. Kozhevnikov

Candidate of economic sciences, associate professor of the Department of Energy and Industrial Management Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia). WOS Research ID: AAB-6693-2020; Scopus Author ID: 55805368400; ORCID: 0000-0003-4463-5625.

Research interests: knowledge-intensive service, innovative industrial development, management education.

m.v.kozhevnikov@urfu.ru

Tatyana B. Gavrilova

Candidate of economic sciences, associate professor of the Department of Energy and Industrial Management Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia). Scopus Author ID: 57190430748.

Research interests: systems engineering, business analytics, information technology in management.

ems_2005@mail.ru

Статья поступила в редакцию 27.07.2022; после рецензирования 29.08.2022 принята к публикации 2.09.2022. Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 27.07.2022; revised on 29.08.2022 and accepted for publication on 2.09.2022. The authors read and approved the final version of the manuscript.