

Модель горного инженерного образования XXI века

В. С. ЛИТВИНЕНКО ✉

доктор технических наук, профессор, ректор,

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 199106 Санкт-Петербург, Россия

✉ rectorat@spmi.ru

Ссылка для цитирования оригинальной статьи: Litvinenko V. S. A model of mining engineering education for the 21st century. Sustainable Development of Mountain Territories. 2025, vol. 17, no. 2, pp. 603–615. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-2-603-615.

Аннотация. Спрос на минеральное сырье, состояние горнодобывающего сектора и современное качество подготовки горных инженеров связаны между собой и представляют одну из продолжающихся дискуссий о взаимоотношении между либерализацией торговли, экологической сбалансированностью и устойчивостью развития всего человечества. На фоне роста спроса на минеральное сырье недропользование подвергается критике «зелеными» как воздействие на природу, способствующее изменению климата. Критический дефицит инженерных кадров, дискредитация современной добывающей отрасли, сокращение программ инженерной подготовки в технических университетах, снижение у молодежи мотивации к работе в отрасли требуют срочной активизации совершенствования инженерного образования в странах с индустриальной экономикой. В статье приведены результаты государственного эксперимента по совершенствованию содержания и качества высшего инженерного образования.

Ключевые слова: инженерное метаобразование, аналоговое мышление, мировоззрение, цель в образовании, педагогический наставник, инженерные компетенции, образовательная программа.

A model of mining engineering education for the 21st century

Vladimir S. LITVINENKO ✉

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Rector,

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, 199106 Saint Petersburg, Russia,

✉ rectorat@spmi.ru

Abstract. The demand for minerals, the state of the mining sector and the current quality of mining engineers training are interlinked and are the topic of the ongoing debates on the relationship between trade liberalization, environmental sustainability and the sustainable development of the mankind. While there is an increasing demand for minerals, there is a marked decline of interest to Earth sciences in general, with the "green agenda" claiming the subsoil use as impacting nature and contributing to climate change. The critical shortage of engineering personnel, discreditation of the modern mining industry, reduction of engineering curricula in technical universities, weakening motivation of young people to work in the industry require urgent mainstreaming of engineering education upgrading in industrial economies. The article presents the results of the official experiment to improve the content and quality of higher engineering education. **Introduction.** The demand for minerals, the state of the mining sector and the current quality of mining engineers training are interlinked and are the topic of the ongoing debates on the relationship between trade liberalization, environmental balance and the sustainable development of the mankind. While there is an increasing demand for minerals the "green agenda" has been claiming the subsoil use as impacting nature and contributing to climate change. The critical shortage of engineering personnel, discreditation of the modern mining industry, reduction of engineering curricula in technical universities, weakening motivation of young people to work in the industry require urgent mainstreaming of engineering education upgrading in industrial economies. **Purpose of the research.** One of our goals is to invite specialists to discuss and develop an optimal model of pedagogical approach to engineering education, combining the continuity of generations, skills and new forms of knowledge generation and motivation for self-fulfillment and work in the specialty. **Methods.** The experiment, involving 2150 students in 2023 and expanding to 2180 annually, aims to improve the quality and content of engineering education, foster domestic values, and introduce innovative technologies. **Results.** The article presents the results of the official experiment to improve the content and quality of higher engineering education. A methodological approach to the implementation of educational programs within the framework of the experiment ("Pilot Project") has been formulated. **Conclusion.** Creating a model of higher engineering education programs, we assumed that the content of engineering meta-education solving the problems of the state sovereignty, depends on the perceptions, needs and ideals that exist in a particular socio-cultural space, and should maintain and develop its foundations. One of our goals is to invite specialists to discuss and develop an optimal model of pedagogical approach to engineering education, combining the continuity of generations, skills and new forms of knowledge generation and motivation for self-fulfillment and work in the specialty.

Keywords: engineering meta-education, analogic thinking, worldview, goal in education, pedagogical mentor, engineering competencies, educational program.

* Перевод подготовлен для повышения интереса русскоязычной аудитории к данной статье.

© V.S. Litvinenko, 2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

© Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (перевод), 2025.

Введение

Современная цивилизация существует благодаря использованию добытых из недр Земли полезных ископаемых, их значение для сегодняшней экономики рассмотрено во многих публикациях [1, 2]. Сегодня технический прогресс в сфере горного производства во многом связан с развитием физико-химических технологий [3], наиболее гуманных по отношению к природе [4]. Машинная технология в горном производстве будет заменена на высший формат индустриализации производства — безмашинную технологию добычи. Моделью таких технологий являются сложные природные геологические глубинные процессы генезиса месторождений [5]. Сегодня уже отрабатываются многие месторождения, находящиеся на больших глубинах [6]. Используются высокотехнологичные методы путем физического или химического воздействия на горный массив, размывая, растворяя, выщелачивая породу, и вместе с полезным для потребления ископаемым как минеральное сырье, извлекаются на поверхность через скважину. Как и в других отраслях, в горнодобывающей промышленности происходит интеллектуальная революция [7], которая внедряет в горное производство интеллект для успешного сочетания автоматизации, природоподобных методов и компьютерных технологий [8].

Ученые из Горной школы Колорадо, одного из ведущих университетов, готовящих кадры для горной промышленности, своими исследованиями убедительно показали, что наша цивилизация потребляет все больше ресурсов, особенно из-за планируемого планетарного энергоперехода, но при этом существует огромный дефицит специалистов [9]. Горная отрасль утратила свой блеск и привлекательность [9, 10] для нового поколения. Заметно упал и интерес к науке о Земле в целом. Без материалов, которые добываются в земной коре, цивилизация не может развиваться, как и без стабильной работы горнодобывающего сектора мировой экономики, — это фундаментальное основание для дальнейшего развития.

Дефицит квалифицированных кадров можно смело назвать критическим уже сейчас [11]. А учитывая постоянный рост среднего возраста действующих квалифицированных инженеров, он кажется угрожающим [12]. Проблема подготовки квалифицированных горных инженеров является актуальной проблемой не только для России, США, Канады, Австралии, Евросоюза, но и других стран [9, 13, 14]. Причин ее возникновения и превращения в один из наиболее серьезных вызовов современности — множество. Одной из причин является сознательная дискредитация современной добывающей отрасли со стороны стран с постиндустриальной экономикой, сокращение образовательных программ подготовки инженеров в технических университетах, связанных с горными технологиями, машиностроением и металлургией. Минеральные ресурсы — это природный капитал для всех стран, имеющих их в границах своего государства. Но, чтобы превратить его в социальный, человеческий и реальный, необходим национальный инженерный корпус специалистов с настоящими фундаментальными знаниями, закрепленными производственными навыками и опытом.

Санкт-Петербургский горный университет [15] реализует свою новую образовательную модель уже третий год [16]. По ней обучается более 4 тысяч студентов. В этом году в старейший технический вуз страны поступят еще 2,5 тысячи абитуриентов. Через 5–6 лет они выйдут из стен вуза с дипломами инженера, за которыми будет стоять принципиально новый подход к образованию. Вуз готовит людей, способных осуществлять все виды профессиональной деятельности, определяемые образовательным стандартом по направлению или специальности. Кроме того, они будут владеть как минимум двумя рабочими специальностями и 8-ю дополнительными профессиональными компетенциями. От 3 до 8 % студентов, освоивших курс «Основы формирования новых знаний», получивших опыт исследовательской работы в лабораториях в составе научных групп, могут претендовать на второй диплом — «Инженер-исследователь» после защиты на Научном совете вуза.

Методологию освоения образовательной программы мы строили с учетом этих предпосылок. Предусматривается четкое целеполагание: устремления каждой отдельной личности должны быть увязаны с общим вектором развития государства. Через уважение к специальности, обретение широкого мировоззрения в своей области деятельности, в том числе понимание передовых научных достижений. Преподаватель, как субъект этой цели, взаимодействует со студентом совместно с производственными и педагогическими наставниками. Только в этом случае эта работа будет системной.

Диплом российского инженера нового качества будет «весить» несравненно больше, чем нынешний. Понятно, что и выпуск таких инженеров в количественном отношении в целом по стране неизбежно сократится. И это будет не отходом от идеи повышения доступности высшего образования, а преодолением его девальвации. Существенная часть студенческого потока пополнит ряды качественного среднего профессионального образования, перед которым индустриализация ставит свои важные задачи.

Цель работы: проведение оценки состояния качества и содержания инженерного образования; создание оптимальной модели образовательной программы подготовки инженеров, возвращения интереса студентов в образовательный процесс по специальности, отечественным смыслам и методам, другим инновационным образовательным технологиям.

Методы и материалы работы

Для разработки мероприятий по коренному улучшению высшего инженерного образования было предложено использовать метод факторных моделей. Собранные факты систематизировались с помощью простейших абстракций, позволяющих соединить отдельные элементы, влияющие на качество подготовки кадров, как составную часть всего образовательного процесса. Это позволяет глубже синтезировать полученные результаты о факторах, влияющих на качество образовательной деятельности университета. Учитывалось, что собранные из опубликованных источников и полученные эмпирические результаты в отдельных случаях не способны иметь однозначное решение. В этих случаях были использованы контрфактивные суждения.

В методологическом подходе использовались механизмы причинного анализа [17], связывающие полученные данные со знанием причин, чтобы получить научно прозрачные и математически точные ответы. Причинная модель представлена диаграммой причинности и логическим утверждением. Еще одно преимущество, которое есть у причинной модели, и отсутствует в интеллектуальном анализе данных и глубинном обучении, — это способность к адаптации. Методология исследования учитывает, что полученные данные соединены сложными причинно-следственными отношениями и объяснением причин, составляющих основу полученных знаний для выработки мероприятий по развитию качества инженерного образования. При этом многие факторы и закономерности, влияющие на показатели, находятся в динамике и могут быть оценены из выборки данных, на основе методов фрактального анализа [18].

Результаты работы

Оценка состояния идеологии государства и образования

Образование отражает уровень развития общества. В современном мире наблюдается беспрецедентный по масштабу рост осознания важной роли образования для экономического и социального развития [19]. На этом фоне оно переживает период радикальных реформ, связанных с переходом к инновационным технологиям под воздействием коммуникационных систем, как на образовательные учреждения, так и на общественное сознание [20].

Глобализация внедряется в образование повсеместно, преподаватель все меньше участвует в процессе принятия решения, происходит уменьшение коллегиальности. Растет преподавательская нагрузка, расширяется участие преподавателей в деятельности, приносящей личный доход, в том числе за счет репетиторства, уменьшается время, отводимое на контактную работу со школьником, студентом [21]. Глобализация образования навязывает обществу, по существу, универсальность и целостность в качестве основных своих принципов, создает благодатную почву для синтеза всего необходимого как для развития, так и стагнации образования. При этом огромный пласт традиционной, проверенной временем методологии в образовании остается практически невостребованным, в результате чего предлагаются новые педагогические приемы, зачастую внедряющие в сознание обучаемого чуждые ценности, как для его развития, так и для государства [22].

В результате происходит процесс тотальной фрагментации личности, когда она, ограниченная как узкими возможностями собственного сознания, так и сосредоточенностью на современном содержании жизни, отображает в себе лишь малую часть окружающего пространства и не в состоянии адекватно постичь его сущность и смысл. Это вектор серьезных проблем для всех стран с переходной экономикой, не имеющих внятно изложенной собственной идеологии в области образования, ориентированной на развитие личности объекта (обучаемого) и ответственности в этом процессе субъекта (педагога) с учетом задач государства [23].

Страны с постиндустриальной экономикой, используя отработанные ими принципы глобализации образования, умело воздействуют на сознание молодого поколения других стран и используют их в интересах своих неолиберальных целей. Учеными доказано [24], что лидер государства в рамках своих полномочий должен формировать «Государственную политику в области образования» в рамках главного государственного закона. Этот документ — руководство (*политические инициативы и подходы*) по государственному управлению в области всей системы образования, логически увязывает их под задачи государства, тем самым обеспечивает его суверенизацию, устойчивость и развитие экономики. Документ определяет, какими интересами и подходами должны руководствоваться правительство и законодательная власть в вопросах, касающихся развития образования в интересах своих граждан и государства.

Идеология, как совокупность ценностей, взглядов, понятий, традиций, выражающих интересы страны, является формой сознания, отвечающего на вопрос об основополагающих принципах сознательной человеческой деятельности. Государственный аппарат и учреждения образования в принципе не могут работать без единой основополагающей идеологии. Ее формальное отсутствие неизбежно приводит к выработке теневой идеологии и управленческого слоя, не всегда обладающей легитимностью в глазах граждан, и, чаще всего, не дающей участникам образовательного процесса необходимой мотивации. Такая ситуация существенно снижает эффективность управления и пагубно сказывается на качестве образования. Меняющееся самосознание общества отражается в деятельности политических партий, вырабатывающих различные идеологии и выдвигающих их на выборах. Победа партии на выборах означает ее право на реализацию своей идеологии посредством управления государственным аппаратом на период соответствующих полномочий. Эффективность победившей идеологии получает ту или иную оценку на следующих выборах.

Для системы и учреждений образования наличие избранной гражданами государственной идеологии имеет принципиальное значение, поскольку образование состоит из обучения и воспитания, а воспитание невозможно без сформированного или формируемого, но не провозглашенного официально идеала воспитанника. К примеру, во времена СССР в стране была научно разработана и практически проверена передовая теория воспитания, позднее безосновательно отброшенная. В 90-е годы 20 века под воздействием извне чиновничество отказалось от воспитания в силу нежелания формулировать его цели, хотя сделать это было несложно [20]. Нужно было только отбросить «перегибы» советского времени и продолжить вектор развития отечественной культуры, опирающийся на ее лучшие достижения, что по-своему было сделано после 1917 г. Пищу для размышлений в этом плане дает сопоставление морально-нравственных установок противоположных идеологий [24].

В педагогической теории особое значение имеет понятие педагогической системы. Это субъект и объект воспитания, а также все, что между ними происходит. Основные категории, описывающие процесс воспитания и составляющие систему: формы, методы, содержание, условия и др. В основе теории — фундаментальное философское понимание воспитания как основу человеческой деятельности. А деятельность, в отличие от поведения, присущая только человеку, характеризуется наличием цели. Отсутствие осознанной цели присуще животным. Цель — главное в педагогической системе. Только она придает всем ее компонентам системную целостность. Цель служит «камертоном» для настройки педагогической системы и всего процесса образования. А является целью в образовательном учреждении только из идеологии, исповедуемой и реализуемой государством в лице государственного аппарата. Субъектом цели является педагог, объектом — воспитуемый. Признак субъекта — наличие цели. Воспитуемый, обретая цель, также становится субъектом (только не воспитания, а самовоспитания).

Роль государства в регулировании процесса образования является основополагающей. Ошибочно рассчитывать на изменения качества сегодняшнего образования в рамках предлагаемых к реализации различных приоритетов, проектов, и даже «Стратегий развития образования», предлагающих итоговым результатом. В лучшем случае — это решение конкретной отдельной проблемы в образовании, не оказывая существенного влияния на конечную цель развития образования. При этом теряется доверие к системе образования, и отвлекаются серьезные средства на эти эфемерные эксперименты.

Любой эксперимент — это лишь малая частица общей картины любой проблемы. Наукой доказано и практикой подтверждено, что, занимаясь вопросами образования и науки, надо создавать итоговый результат, а не отдельный элемент, даже выдающийся [25]. Модернизационный рынок в области образования должен базироваться на возрождении всего лучшего, проверенного в мировой практике, с учетом преемственности, имеющегося наследия, интересов граждан и государства, с опорой на науку.

Оценка знаний и рынка труда

Фундаментальная проблема информационного общества — возникновение в массовых масштабах упрощенных форм самоидентификации, ведущих к «уплощению» личности, эрозии ее духовного измерения. Происходит и эрозия индивидуальности. Традиционные формы самоидентификации содержат важное измерение: стремление к самосовершенствованию [20]. Происходит нравственный сдвиг, и современный человек следует общим правилам, растворяясь в общих правилах жизни и теряясь как личность. Задача инженерного метаобразования состоит в анализе условий равновесия между свободой выбора и соблюдением общих правил жизни.

Технологический прогресс мировой экономики в 21 веке имеет закономерную связь с уровнем знаний и состоянием рынка труда. Процесс постоянного обучения и накопления знаний является основой развития человеческой цивилизации. Человеческие знания накапливаются и передаются как формально, в виде научных статей, технических регламентов и т.д., так и неформально от наставника-преподавателя к ученику на всем жизненном цикле человека. Это происходит на основе преемственности и мотивации. Знания направляют поведение людей и формируют основу развития мировой экономики. Суммарный объем знаний определяет сложность «экономического организма» и объем производимых экономикой благ. Блага цивилизации можно измерить не деньгами, а количеством доступных товаров и услуг, полученных за счет знаний [26].

Наш прогресс и экономическое благополучие прямо пропорциональны количеству накопленных человечеством знаний. Количество накопленных знаний растет примерно пропорционально квадрату числа людей, в головах которых эти знания содержатся [27]. По убеждению ученых [28] накапливать знания с такой скоростью сложно. Уже сегодня человечество сталкивается с проблемой преодоления барьера сложности экономики с растущей номенклатурой изделий и глобальной системой разделения труда. Экономика требует рационального использования накопления знаний — углубление разделения труда и резкий рост числа профессий. Каждая специальность становится уникальной по набору знаний [29, 30].

Переход к новому технологическому укладу происходит только через технологическую революцию и характеризуется появлением набора новых знаний, обеспечивающего создание конкурентной среды за счет относительно дешевого базового ресурса; пакета технологий, эффективно эксплуатирующего этот ресурс; организации рынка труда, соответствующего этому технологическому пакету [31].

При этом ресурсная база уходящего уклада, как правило, не исчезает, а может занимать другое, даже более существенное место в других секторах экономики. Как ресурс более глубокого передела в технологиях, полученных на новых знаниях в условиях новых высокотехнологичных исследований на базе междисциплинарных подходов с использованием цифровых приборов и систем, созданных на нано уровне. Учеными [32–36] убедительно доказано, что ресурсная база уходящего индустриального технологического уклада — углеводородное топливо — в не меньшей степени энергетическая основа современной экономики. При этом технологический пакет более 80 % сегодняшних производственных технологий от машиностроения до продуктов питания (*белок*) включает углеводородное сырье, но уже как продукт высокотехнологического передела. Основной проблемой индустриального уклада является не истощение энергетических ресурсов, о чем много говорится сторонниками нового энергетического перехода [37, 38], а ограниченные возможности человеческого мозга по управлению все более сложным технологическим комплексом переработки их в товары прямого потребления. В каждом продукте, которым мы пользуемся в 21 веке, доля прямых и косвенных управленческих затрат, в которых участвует человек, составляет до 80 % [39].

Исследователи доказали, что только преподаватель-наставник в личном контакте со студентом может обеспечить верное использование созданных человечеством дешевых и доступных ресурсов

компьютерных технологий в образовательных процессах. Потенциал компьютерных технологий позволяет облегчить труд школьника, студента, вывести часть алгоритмов из головы в среду, например Искусственного интеллекта (ИИ), где они могут использоваться во много раз быстрее при выполнении работ по сбору эмпирических результатов для докладов, отчетов, подготовки курсовых работ, а также при освоении общеобразовательных, общетехнических и узконаправленных дисциплин. Подмена этих возможностей поиском готовых ответов для «легкого» пути сдачи индивидуальных заданий и итоговых работ мешает логическому закреплению навыков, опыта и теоретических знаний по дисциплинам, что резко снижает качество, объективность и строгость оценки знаний студентов.

Образовательный ресурс, направленный на повышение качества подготовки специалиста, заложенный в компьютерном потенциале большинства университетов, еще практически не задействован, но уже создает большую проблему для объективной оценки качества знаний, формируя безответственность к учебе. Согласно докладу международной консалтинговой компании McKinsey, специализирующейся на решении задач, связанных со стратегией управления, развитие цифровых технологий в США последние 30 лет сопровождалось снижением производительности труда [40] и «подменой» личных знаний в образовании. По мнению авторов, компьютерные технологии способны раскрыть истинные возможности обучающегося в образовательном процессе университета, решая проблему лучше, быстрее и дешевле при условии перехода на новые требования к учебным программам и изменения требований к педагогическим компетенциям преподавателя университета.

Совокупный объем всех созданных на сегодняшний день компьютерных алгоритмов ничтожно мал по сравнению с объемом всех человеческих знаний. Основные решения остаются за людьми, и влияние знаний на экономику по-прежнему доминирующее, так как объем знаний в компьютерных программах зависит от совокупных знаний программистов и алгоритм ограничен объемом их знаний. Появление на этом рынке новых знаний в области «машинного обучения» уже решает задачи компьютерного зрения, распознавание речи, машинного перевода и т.д., требуя для этого «глубокого обучения» [41].

Основой индустриального уклада экономики является массовое производство и потребление товаров. Ориентация производителя на рынок массового спроса сегодня быстро меняется на «индивидуальные», расширяя объем рынка за счет эффекта «длинного хвоста» [42]. С этим связано и изменение на рынке труда — как любой товар находит своего покупателя, так и любые способности, знания и навыки находят свое применение в составе временных команд с уникальными комбинациями компетенций.

Динамика мировой экономики и неопределенности рынка труда требуют от образования перехода от традиционных образовательных программ, ориентированных на решение отдельных прикладных задач рынка труда к созданию параллельно к базовым программам дополнительных образовательных модулей, позволяющих быстро адаптироваться к изменениям рынка труда и обучаться в процессе всего жизненного цикла, непрерывно накапливая предметные знания в масштабах, которые сейчас трудно определить [43].

Пилотный проект («Эксперимент»)

Пилотный проект, далее «Эксперимент», был организован в рамках указа Президента страны [16] в шести российских университетах. Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II [15] был выбран не только как первое высшее техническое учебное заведение, а как вуз, имеющий научно-образовательный потенциал, входящий по оценке рейтингового агентства QS в десятку лучших среди всех университетов мира по профильному направлению «Инженерное дело — добыча полезных ископаемых и горная промышленность».

В отличие от других пяти университетов, участвующих в эксперименте, Горный университет, являясь техническим университетом, ведет подготовку для инженерного обеспечения всего цикла работы с объектами недропользования и геологоразведочными работами. Университет ведет подготовку специалистов по четырем укрупненным направлениям: отраслевое (геологоразведочное, нефтегазовое, горное, инженерно-геологическое и гидрогеология); индустриальное; социально-экономическое; прикладное.

До начала проведения эксперимента университет вел подготовку специалистов по образовательным программам: Бакалавриата, Магистратуры, Специалитета, подготовки научных и научно-педагогических кадров (Аспирантуры) как высшего уровня образования.

Эксперимент в области высшего инженерного образования в университете начался с приема на инженерные специальности в 2023 г. Было принято более 2150 студентов как участников Эксперимента и далее такое же количество ежегодно принимается со сроком обучения 6 лет (5 лет для подготовки отраслевого экономиста). Инновационные изменения в образовательные стандарты, предъявляемые к Образовательным программам, планируется закончить до 2026 года.

Сроки реализации эксперимента определялись с учетом следующих факторов:

1. Кризисное состояние обеспеченности инженерными кадрами в минерально-сырьевом секторе и других индустриальных секторах экономики.
2. Отсутствие типовых образовательных программ высшего инженерного образования, учитывающих глобальные изменения, происходящие в метаобразовании (как процессе формирования понимания человеком своего места и подлинной роли в мире), особенно в равновесии между свободой выбора и законодательными нормами.
3. Необходимость внесения изменений в образовательные стандарты обязательных требований к дополнительным компетенциям, навыкам, опыту, научным и междисциплинарным знаниям.
4. Изменение требований к миссии преподавателя.
5. Необходимость усиления требовательности к получению фундаментальных знаний и их закрепления.
6. Новые требования к экономическим знаниям и знаниям компьютерных технологий.
7. Внедрение методологических технологий, формирующих у студента мотивацию осознанной самореализации в производстве после окончания университета.

До начала эксперимента, начиная с 2019 г., университет в рамках своей инициативы, Ассоциация горных инженеров [44], Центр компетенций в горнотехническом образовании под эгидой ЮНЕСКО [45] провели исследования с целью:

1. Оценки качества и содержания инженерного образования, как в России, так и в университетах стран, имеющих индустриальную экономику — 230 (в том числе российских — 60).
2. Оценки профессорско-преподавательского потенциала этих университетов (требования при приеме на работу преподавателя; наличие специальных педагогических компетенций; за что отвечают преподаватели).
3. Определения приоритетных изменений в развитии высшего образования в 21 веке: усиление научного обеспечения учебного процесса; формирование основ научных знаний; автоматизация и основы компьютерных технологий; новые информационные материалы; усиление экономических знаний и их формирование; технологии новых систем.
4. Установления причин деформации базового мировоззрения у школьников.
5. Оценки влияния идеологии государства, на базе которой формируется цель образования и появляется субъект и объект в образовательном цикле.

Мы исходим из понимания, что совершенствование базового высшего образования 21 века должно формироваться на основе глобально-цивилизационного подхода к образованию, учитывающего базовый принцип образования и культурно-временную модель, а именно:

1. Целостность системы образования и воспитания, что позволит сформировать цивилизованный выбор специальности, культурно-личностную идентификацию и самоидентификацию.
2. Смена траектории восприятия картины мира от социально обусловленного знания к социальному самосознанию.
3. Формирование дополнительных компетенций и мотиваций, конечным назначением которых является готовность работать по специальности после окончания и необходимость учиться при появлении новых технологий или потребности в новых научных знаниях.

Факторы, влияющие на формирование метаобразования, развитие метакогнитивных и метапрактических навыков, формирующие у студента целостное мировоззрение по специальности и место в ней научного прогресса, приведены на рис. 1.

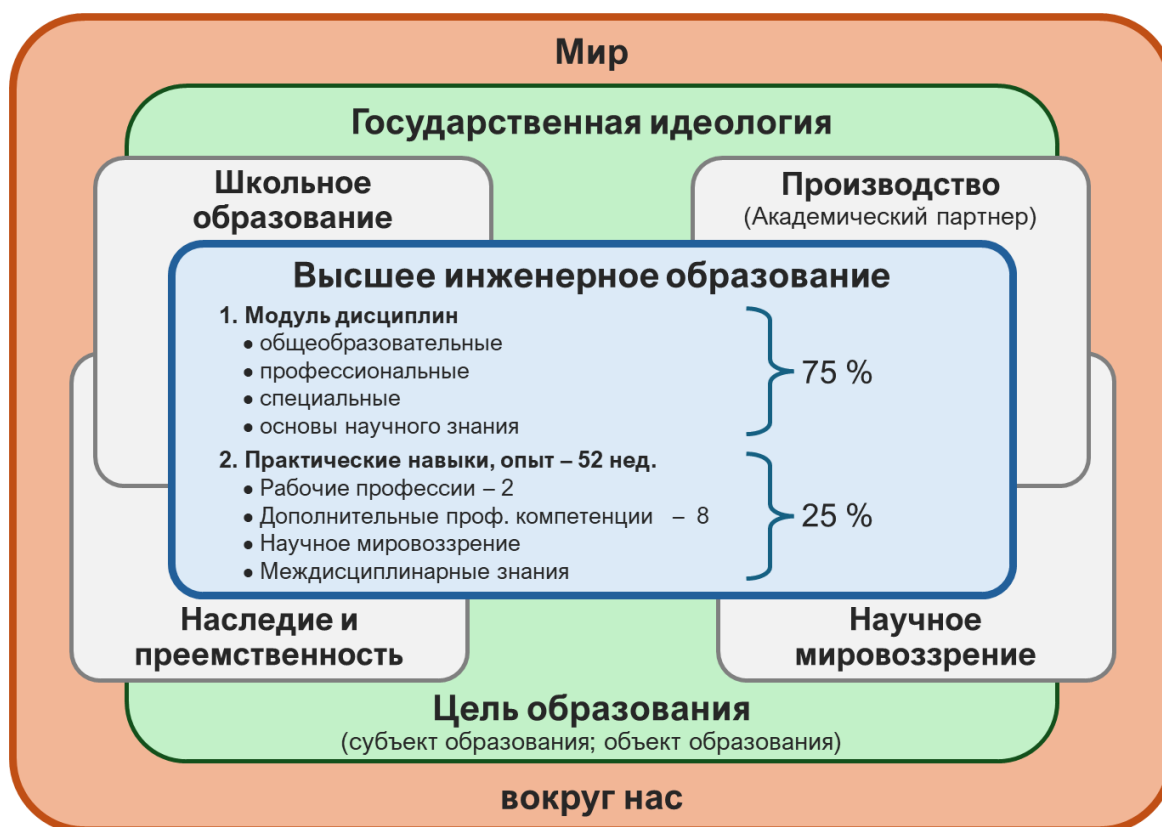


Рис. 1. Процесс формирования инженерного метаобразования

Модель образовательной программы рассчитана на формирование аналогового мышления, способствующего улучшению навыков критического мышления, детальному рассмотрению задачи с разных сторон. Аналоговое мышление позволяет выпускнику гораздо лучше использовать свой творческий потенциал и продуманно принимать решения, делая свою жизнь более яркой, живой.

При формировании модели образовательных программ высшего инженерного образования мы исходили из понимания, что содержание инженерного метаобразования, решающего задачи суверенизации государства, зависит от тех представлений, потребностей, идеалов, которые существуют в данном социокультурном пространстве, и должно обеспечивать поддержание и развитие его устоев.

Глобальные задачи индустриализации мировой экономики и геополитические вызовы 21 века по обеспечению суверенизации государства требуют внесения изменений в государственную политику метаобразования по совершенствованию качества и формы подготовки инженерных кадров. Государственная политика должна не только формировать глобально-цивилизационный подход к образованию в целом, ее базовым принципам и культурно-временной модели совершенствования всего образования, и связанным с ним высшим инженерным, но и включать методологические мероприятия по формированию у студентов осознанной мотивации для самореализации в производственном секторе.

Инженерное метаобразование рассматривается как единая деятельность государственной системы образования и воспитания в обществе, под воздействием которой происходят цивилизованный выбор специальности, культурно-личностная идентификация и самоидентификация.

Исследование определило главную цель эксперимента: выработать методологический подход к формированию инженерного метаобразования на уровне школьного и вузовского образования; вернуть в образовательный процесс отечественные смыслы и методы; выработать оптимальную образовательную программу под специальности инженерного образования для суверенизации страны.

Реализуемые в рамках Эксперимента 60 образовательных программ по инженерным специальностям включают наследие и преемственность действующей системы метаобразования.

Оценка проблем в выборе инженерных специальностей

Профессиональная ориентация — осознанное, выработанное, личное отношение к профессии. Оно формируется на основе определенного объема знаний, позволяющих воспринимать профессию на эмоциональном уровне. Выбор профессии проходит несколько периодов [46]:

1. *Детский (незрелый) выбор*, определяется с учетом желания быть взрослым и формируется до физической зрелости.
2. *Пробный выбор* — как субъективный интерес в ранней юности.
3. *Реальный выбор* — как осознанный компромисс между желаниями человека и возможностями.

Период поступления в технический вуз не является периодом окончательного выбора профессии. Выбор происходит в первые два года обучения при активном участии университета и компании-работодателя. Наши исследования показали, что целенаправленный выбор будущей инженерной специальности на школьном уровне отсутствует, так как уровень мировоззрения школьников как системы взглядов, оценок и образных представлений о мире и месте в нем человека ограничен глубиной знаний математики, физики, химии, биологии. Базовая школьная программа как набор методологических и организационных мероприятий, позволяющих передать и закрепить понимание модуля предметов, к сожалению, логически не связана между собой конечной целью всего обучения — сформировать у выпускника систему взглядов, оценок и образных представлений о мире и месте в нем человека.

Итоговый экзамен (ЕГЭ) не должен являться самоцелью образовательной программы, а всего лишь инструментом определения уровня знания отдельных предметов, а не уровня целостного мировоззрения, полученного выпускником в рамках образовательной школьной программы. Это мировая тенденция.

Выбор инженерной или другой высококвалифицированной профессии, как правило, делается в 17-летнем возрасте, когда на выбор между желаниями и возможностями влияет «пробел» школьного образования. Обязательный уровень знаний всех предметов школьником 21 века подменяется программами по выбору. При этом знание таких предметов, как физика, химия, математика и др., которые требуются для реалистичного выбора школьником инженерной специальности, поверхностны, а иногда вообще отсутствуют. Школьник не может обеспечить самореализацию, выбирая необходимую ему специальность, из-за плохих знаний школьных предметов, которые во многом определяют его ограниченные возможности выбрать инженерные или другие высококвалифицированные специальности.

Успешность пополнения науки молодежью во многом зависит от принципов отбора в вуз. Главный из них — сочетание общественной целесообразности и справедливости [47]. Высшее образование превращается из прерогативы элиты в массовые институты, которые все чаще рассматриваются как социальная необходимость для успеха, а не для самореализации работы по специальности. Отбор в технические вузы имеет ряд особенностей, например склонность к научно-технической деятельности, носящей преимущественно творческий характер. Сегодняшняя система приема не позволяет эти качества оценить у абитуриента, что сказывается на эффективности его учебы в вузе [48].

В 21 веке, веке новых технологий и науки, высшее техническое образование должно быть ориентировано на тех, кто способен и стремится получить профессию, требующую высокого уровня научно-технических знаний [49]. Оно не должно быть самоцелью, а лишь средством достижения определенной цели, и в этом главную роль должна играть рациональная, осознанная профориентация [50].

Методологический подход к реализации Образовательных программ в рамках «Пилотного проекта Эксперимент»

На основании исследования глобальных (*внешних*) и локальных факторов, влияющих на результативность высшего образования, а также с учетом имеющегося наследия и преемственности в государственном образовании были разработаны и предложены к реализации в рамках «Пилотного проекта» мероприятия по приданию высшему инженерному образованию новых качеств:

1. Фундаментное (глубокое) изучение базовых общеобразовательных и общетехнических дисциплин.

2. Модуль специальных и дисциплин по специальности закрепляется достаточным объемом практических навыков и производственного опыта — 42–48 недель в течение 6-летнего обучения.

3. Дополнительные инженерные компетенции не менее 8 и рабочие специальности не менее 2, обязательные в рамках образовательного стандарта.

4. Образовательные программы используют методологический подход, позволяющий развивать у студента аналоговое мышление, что способствует улучшению навыков критического мышления.

5. Мировоззрение в научной деятельности, как обязательная компетенция инженера 21 века, формируется в период всего обучения на основе дисциплины «Основы формирования научного знания» и позволяет получить второй Диплом «Инженер-исследователь» по результатам защиты на Научном «Совете» результатов полученных новых знаний в научной лаборатории (3–8 % выпуска). Конкурентная среда среди студентов формируется с первого дня обучения.

Введены и новые организационно-правовые мероприятия, как в учебный процесс, так и в его организацию:

1. Компании, учреждения, проявившие желание участвовать в учебном процессе (осознанно) с целью подготовки специалистов и их трудоустройства, имеют своего представителя в университете в качестве «Производственного наставника студента», и компании присваивается категория «Академический партнер» (сегодня их 130).

2. Срок преддипломной практики не менее 16 недель.

3. Введен процесс аккредитации выпускника после его работы в качестве «Инженера-стажера» в течение 6–8 недель до защиты дипломного проекта.

4. Знания в области экономики и программных продуктов (цифровые) включены в сквозное обучение.

5. Дипломный проект включает: технологический, экономический и научный разделы.

6. Оценка остаточных знаний модуля дисциплин по специальности производится на основании «Итогового экзамена» с участием комиссии и представителей Компании.

Внесены изменения и требования к профессорско-преподавательскому составу:

1. Порядок допуска к преподаванию модуля дисциплин по конкретной специальности.

2. Требования к индивидуальному учебному плану преподавателя.

3. Введены категории преподавателей — «Лектор», «Ассистент-лектора», «Педагогический наставник студента», «Научный наставник студента».

Унифицированный подход к структуре высшего инженерного образования

Образовательная программа «Высшего инженерного образования» учитывает следующие требования к образовательному стандарту.

Образовательная программа базового высшего образования — высшего инженерного образования — это набор методологических и организационных мероприятий, позволяющих передать и закрепить понимание модуля дисциплин, логически связанных между собой конечной целью программы, и формировать среду, мотивирующую обучающегося к самореализации посредством работы по специальности.

Цель образовательной программы — сформировать целостное представление о специальности и месте в ней научного прогресса, мотивирующее выпускника, освоившего образовательную программу, к самореализации посредством работы по специальности.

Задачи образовательной программы:

- Сформировать фундаментальное знание базовых общеобразовательных, общетехнических и специальных дисциплин, логически связанных между собой, закрепив их достаточным объемом практических навыков и личным опытом, необходимых для профессиональной деятельности в выбранной специальности.
- Формирование целостного мировоззрения необходимо для самореализации в выбранной специальности посредством работы по специальности после овладения программой, формируемого из знаний, идей, принципов (точки зрения), убеждений, идеалов, духовно-нравственных ценностей, жизненных установок.

- Формирование целостного научного мировоззрения как составной части инженерной компетенции XXI века.
- Формирование конкурентной среды в процессе всего обучения, стимулирование студента к самореализации и стремлению стать активным членом социума.

Требования к структуре образовательной программы представлены на рис. 2.

Содержание образовательных модулей	Кол-во ед.	Срок обучения					
		1	2	3	4	5	6
Практические навыки и опыт							
1. Общеобразовательные дисциплины	264 зач. ед.	—					
2. Общетеchnические дисциплины		—					
3. Профессиональные дисциплины		—		—			
4. Дисциплины по специальности		—		—			
5. Основы формирования научных знаний		—		—			
Навыки и опыт (учебно-производственный), всего в том числе:	48-52 нед.						
• учебные, производственные	48 нед.	8	8	8	8	12	4
• рабочая профессия	2		⊗	⊗			
• дополнительные профессиональные компетенции	8		1	2	2	2	1
• дополнительные профессиональные квалификации	1					1	
Профессиональная аккредитация «Инженер-стажер»	6 нед.						6
Формирование научного мировоззрения				—	—	—	—
Формирование междисциплинарных инженерных компетенций		—	—	—	—	—	—

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ ПРЕДУСМАТРИВАЕТ:

- 1. **Дипломный проект** (включая цифровые технологии)
- 2. **Государственный экзамен.**
- 3. Оценка Компанией (Академический партнер) уровня инженерной компетенции.
- 4. Наличие инженерных компетенций, рабочих профессий и достижений.

— Технологический раздел
— Экономический раздел
— Научный раздел

ДОКУМЕНТЫ, ВЫДАВАЕМЫЕ ВЫПУСКНИКАМ:

1. **Диплом** об освоении Образовательной программы с приложением (с указанием «Педагогического наставника студента»).
2. **Характеристика-рекомендация** с приложением полученных инженерных компетенций, рабочих профессий и достижений.
3. **Второй Диплом «Инженер-исследователь»** (после защиты основного «Дипломного проекта») самостоятельно получившим новые знания и защитившим их на специальном «Научном совете» (3÷8% от выпуска).

Рис. 2. Унифицированный подход к структуре высшего инженерного образования (360 зач. ед.)

Требования к модулю учебных дисциплин

Общеобразовательные дисциплины формируют фундаментальные знания, закладывают основу и базу знаний: обеспечивают целостность теоретической подготовки; формирование общей культуры личности; понимание сущности и социальной значимости будущей специальности.

Общетеchnические дисциплины выступают переходным звеном от общеобразовательной подготовки к специальным дисциплинам, формируя навыки применения теоретических знаний при решении конкретных инженерных задач.

Общепрофессиональные дисциплины закладывают фундамент профессиональной деятельности. Их овладение обеспечивает раскрытие принципов, лежащих в основе производственных процессов, формирует производственно-технологическую компетентность инженера, развивает умение, которое в дальнейшем находит применение в разнообразных учебных и производственных условиях, а также в области экономических и цифровых возможностей.

Дисциплины по специальности формируют знания и навыки, необходимые для работы по специальности. Они включают основные теоретические знания; набор практических методов и инструментов освоения технологий, оборудования и регламентов их применения, а также набор знаний, связанных с коммуникативными и технологическими особенностями выбранной специальности. Образовательная организация разрабатывает модуль дисциплин по специальности и специализации с учетом будущей профессиональной деятельности выпускника с обязательным выделением дисциплин, по которым необходимо закрепление лекционного курса на практике. Образовательная программа на протяжении всего периода освоения обеспечивает получение компетенций в области экономики и цифровизации, необходимых как для выполнения профессиональных задач, так и для полноценного взаимодействия личности с окружающим миром и решения повседневных задач. Формирование компетенций обеспечивается реализацией дисциплин по национальной и отраслевой экономике, экономике предприятия, организации и управления производством, финансовой грамотности, информационным технологиям, а также при подготовке и защите на специализированном совете экономического раздела дипломного проекта.

Требования к практическим навыкам и опыту. Образовательная программа обеспечивает формирование практических навыков и опыта посредством обязательного закрепления лекционных курсов по дисциплинам общепрофессионального модуля, модуля дисциплин по специальности и специализации на практике, при освоении рабочих профессий и дополнительных профессиональных компетенций.

Образовательная организация обеспечивает получение практических навыков и опыта под руководством и контролем педагогического и производственного наставников и при обязательном участии компаний-партнеров.

Требования к итоговой оценке остаточных знаний. Образовательная организация обеспечивает проведение итоговой оценки остаточных знаний обучающихся при прохождении промежуточной аттестации (после каждого учебного семестра) и итоговой аттестации по результатам изучения дисциплин модулей. Промежуточная аттестация по учебным дисциплинам проводится после закрепления теоретического (лекционного) материала на практике.

Итоговая оценка остаточных знаний по единому модулю общепрофессиональной подготовки («Ядро» высшего инженерного образования) осуществляется посредством сдачи Комплексного экзамена, который ориентирован на проверку усвоенных знаний и получение объективной информации о качестве фундаментальной подготовки обучающихся.

Итоговая оценка остаточных знаний по дисциплинам общепрофессионального модуля проводится ведущим лектором по дисциплине в форме зачета, дифференцированного зачета, экзамена. Итоговая оценка остаточных знаний по модулю дисциплин специальности и специализации проводится посредством сдачи Единого итогового государственного экзамена.

Государственная итоговая аттестация включает сдачу единого итогового экзамена по дисциплинам специальности, подготовку к защите и процедуру защиты выпускной квалификационной работы — дипломного проекта, состоящего из научного, технологического и экономического разделов.

Квалификационная характеристика выпускника. Область профессиональной деятельности выпускника представляет собой совокупность технологий, методов и способов производственной и научной деятельности, направленных на решение конкретных видов профессиональной деятельности по проектированию, технической разработке, производству, эксплуатации, обслуживанию, модернизации технических средств, оборудования, механизмов и систем, технико-экономическому обоснованию и управлению конструкторскими работами и производственными процессами.

Освоение образовательной программы позволит выпускнику, в соответствии с фундаментальной и специальной подготовкой, работать в должности инженера (инженер-технолог; инженер-конструктор; инженер-проектировщик).

Заключение

1. Качество инженерного образования становится особым конкурентным общественным капиталом страны в 21 веке. Под его воздействием происходит переход от социально-обусловленного к подлинно социальному самосознанию. На выбор инженерной специальности во много влияет общественная среда. Выбор жизненного пути, если он сделан свободно, зависит от самоопределения, но он ограничен из-за недостаточно хорошего качества школьного образования, формирующего у школьника цифровое мышление, и возникающих массовых предпочтений в формах самоопределения, которые считаются адекватными сегодняшнему времени.

2. Выполненное нами исследование, направленное на решение важнейшей проблемы мировой экономики, совершенствование высшего инженерного образования, не является **догмой**. Одна из наших целей — привлечь специалистов для обсуждения и выработки оптимальной модели педагогического подхода в инженерном образовании, сочетающего преемственность поколений, навыки и новые формы формирования знаний и мотивации к самореализации, работы по специальности. Необходимо не забывать, что, когда человек осознанно укротил силы природы и заставил их работать на себя, начинается эра индустриализации [51]. И только при новом качестве инженерных знаний могут появляться новые ресурсы, изобретения и инновации для следующего витка развития за счет более совершенных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alonso E., Sherman A. M., Wallington T. J., Everson M. P., Field F. R., Roth R., Kirchain R. E. Evaluating Rare Earth Element Availability: A Case with Revolutionary Demand from Clean Technologies // *Environmental Science & Technology*. – 2012. – V. 46(6). – pp. 3406–3414. <https://doi.org/10.1021/es203518d>.
2. Zgonnik V. The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review // *Earth-Science Reviews*. – 2020. – V. 203. – P. 103140. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103140>.
3. 2021 global oil and gas discoveries projected to sink to lowest level in 75 years. <https://web.archive.org/web/20220819062735/> <https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/2021-global-oil-and-gas-discoveries-projected-to-sink-to-lowest-level-in-75-years2/> (дата обращения: 04.07.2025).
4. Abu-Gosh E. S., Leal-Arcas R. The Conservation of Exhaustible Natural Resources in the GATT and WTO: Implications for the Conservation of Oil Resources // *The Journal of World Investment & Trade*. – 2013. – V. 14(3). – pp. 480–531. <https://doi.org/10.1163/22119000-01403003>.
5. Кудрявцев Н. А. Генезис нефти и газа // Ленинград: Недра, 1973. – 216 с.
6. Courtney-Davies L., Fiorentini M., Dalstra H., Hagemann S., Ramanaidou E., Danišik M., Evans N. J., Rankenburg K., McInnes B. I. A. A billion-year shift in the formation of Earth's largest ore deposits // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2024. – V. 121. – No. 31. – P. e2405741121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2405741121>.
7. Reeves E. P., Fiebig J. Abiotic Synthesis of Methane and Organic Compounds in Earth's Lithosphere // *Elements*. – 2020. – V. 16. – No. 1. – pp. 25–31. <https://doi.org/10.2138/gselements.16.1.25>.
8. Dougherty M. L. The Global Gold Mining Industry: Materiality, Rent-Seeking, Junior Firms and Canadian Corporate Citizenship // *Competition & Change*. – 2013. – V. 17(4). – pp. 339–354. <https://doi.org/10.1179/1024529413Z.000000000042>.
9. Stutt A. Colorado School of Mines warns of 'grey tsunami' of mining industry retirements. <https://web.archive.org/web/20240208153701/> <https://www.mining.com/colorado-school-of-mines-warns-of-grey-tsunami-of-mining-industry-retirements/> (дата обращения: 04.07.2025).
10. Ali S. H., Giurco D., Arndt N., Nickless E., Brown G., Demetriades A., Durrheim R., Enriquez M. A., Kinnaird J., Littleboy A., Meinert L. D., Oberhänsli R., Salem J., Schodde R., Schneider G., Vidal O., Yakovleva N. Mineral supply for sustainable development requires resource governance // *Nature*. – 2017. – V. 543(7645). – pp. 367–372. <https://doi.org/10.1038/nature21359>.
11. Altbach P., de Wit H. At no other time has higher education been more important. <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20230509101201511> (дата обращения: 04.07.2025).
12. Verrier B., Smith C., Yahyaei M., Ziemski M., Forbes G., Witt K., Azadi M. Beyond the social license to operate: Whole system approaches for a socially responsible mining industry // *Energy Research & Social Science*. – 2022. – V. 83. – P. 102343. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102343>.
13. Fuso Nerini F., Tomei J., To L. S., Bisaga I., Parikh P., Black M., Borrión A., Spataru C., Castán Broto V., Anandarajah G., Milligan B., Mulugetta Y. Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals // *Nature Energy*. – 2018. – V. 3(1). – pp. 10–15. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0036-5>.
14. Казанин О. И., Дребенштедт К. Горное образование в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы // *Записки Горного института*. – 2017. – Т. 225. – С. 369–375. <https://doi.org/10.18454/pmi.2017.3.369>.
15. Saint Petersburg Mining University. <https://en.spmi.ru/> (дата обращения: 04.07.2025).
16. Указ Президента Российской Федерации от 12.05.2023 г. № 343 «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49210> (дата обращения: 04.07.2025).
17. Pearl J., Mackenzie D. *The Book of Why: The New Science of Cause and Effect*. – New York: Basic Books, 2018. – 432 p.
18. Karperien A., Jelinek H. F., Leandro J. J. G., Soares J. V. B., Cesar Jr R. M., Luckie A. Automated detection of proliferative retinopathy in clinical practice // *Clinical Ophthalmology*. – 2008. – V. 2(1). – pp. 109–122. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S1579>.
19. Фролова Е. В., Рогач О. В., Воронцова И. В., Рябова Т. М., Шалашникова В. Ю. Анализ удовлетворенности родителей школьным образованием: ключевые проблемы и точки роста // *Перспективы науки и образования*. – 2020. – № 3(45). – С. 239–251. <https://doi.org/10.32744/pse.2020.3.18>.
20. Скворцов Л. В. XXI: интенция как духовная судьба цивилизационного самоопределения // *Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 3. Философия*. – 2023. – № 4. – С. 106–144. <https://doi.org/10.31249/rphil/2023.04.12>.
21. Пентин А., Ковалева Г., Давыдова Е., Смирнова Е. Состояние естественнонаучного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA // *Вопросы образования*. – 2018. – № 1. – С. 79–109. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-1-79-109%20>.
22. Prauzner T. The effectiveness of school education - featured implications considerations // *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION: Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, May 26th-27th, 2017)*. – Rezekne: Rezekne Academy of Technologies, 2017. – V. 3. – pp. 558–564. <https://doi.org/10.17770/sie2017vol3.2434>.
23. Запесоцкий А. П. Философия образования и проблемы современных реформ // *Вопросы философии*. – 2013. – № 1. – С. 24–34.
24. Запесоцкий А. С. *Образование: Философия, культурология, политика* // Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов, 2024. – 456 с.
25. McClaran A. *Good Regulation: Lessons for England from the Australian Experience?* – Higher Education Policy Institute, 2023. – Policy Note 47. – 5 p.
26. Beinhocker E. D. *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics* // Harvard Business School Press, 2006. – 527 p.
27. Капица С. П. *Общая теория роста человечества. Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле* // Москва: Наука, 1999. – 189 с.
28. Panetta K. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018> (дата обращения: 04.07.2025).

29. Kremer M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990 // *The Quarterly Journal of Economics*. – 1993. – V. 108(3). – pp. 681–716. <https://doi.org/10.2307/2118405>.
30. von Foerster H., Mora P. M., Amiot L. W. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // *Science*. – 1960. – V. 132(3436). – pp. 1291–1295. <https://doi.org/10.1126/science.132.3436.1291>.
31. Ehrlich P. R., Ehrlich A. H. Can a collapse of global civilization be avoided? // *Proceedings of the Royal Society B*. – 2013. – V. 280(1754). – P. 20122845. <http://doi.org/10.1098/rspb.2012.2845>.
32. Conde M. Resistance to Mining. A Review // *Ecological Economics*. – 2017. – V. 132. – pp. 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.08.025>.
33. Казанин О. И., Мешков А. А., Сидоренко А. А. Перспективные направления развития технологической структуры угольных шахт // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2022. – № 6–1. – С. 35–53. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_61_0_35.
34. Morenov V. Advances in Oil and Gas Production: A Viewpoint // *Energies*. – 2023. – V. 16(3). – P. 1379. <https://doi.org/10.3390/en16031379>.
35. Quiroz Cabascango V. E., Bazhin V. Yu. Combustion optimization in gas burners of reverberatory furnaces during the melting of nickel alloys // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021. – V. 1728. – P. 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1728/1/012019>.
36. Tsvetkov P. Small-scale LNG projects: Theoretical framework for interaction between stakeholders // *Energy Reports*. – 2022. – V. 8(1). – pp. 928–933. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.11.195>.
37. Schot J., Kanger L., Verbong G. The roles of users in shaping transitions to new energy systems // *Nature Energy*. – 2016. – V. 1(5). – P. 16054. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.54>.
38. Ponomarenko T., Nevskaya M., Jonek-Kowalska I. Mineral Resource Depletion Assessment: Alternatives, Problems, Results // *Sustainability*. – 2021. – V. 13(2). – P. 862. <https://doi.org/10.3390/su13020862>.
39. Ковалевич Д., Щедровицкий П. Конвейер инноваций: Кто несет ответственность за производство инноваций? <http://web.archive.org/web/20160608143741/http://asi.ru/conveyor-of-innovations/> (дата обращения: 04.07.2025).
40. Manyika J., Remes J., Mischke J., Krishnan M. The productivity puzzle: A closer look at the United States. – McKinsey Global Institute, 2017. – 22 p.
41. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // *Nature*. – 2015. – V. 521(7553). – pp. 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
42. Desjardins J. The 8 Major Forces Shaping the Future of the Global Economy. <https://www.visualcapitalist.com/the-8-major-forces-shaping-the-future-of-the-global-economy/> (дата обращения: 04.07.2025).
43. Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D., Rusu A. A., Veness J., Bellemare M. G., Graves A., Riedmiller M., Fidjeland A. K., Ostrovski G., Petersen S., Beattie C., Sadik A., Antonoglou I., King H., Kumaran D., Wierstra D., Legg S., Hassabis D. Human-level control through deep reinforcement learning // *Nature*. – 2015. – V. 518(7540). – pp. 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature14236>.
44. Национальная ассоциация инженеров. <https://www.namingeng.ru/> (дата обращения: 04.07.2025).
45. Centre Under the auspices of UNESCO. Implemented events Conferences, forums, seminars and meetings held within the framework of the Centre’s activities. <https://unesco.spmi.ru/en/events> (дата обращения: 04.07.2025).
46. Deng Z. Powerful knowledge, educational potential and knowledge-rich curriculum: pushing the boundaries // *Journal of Curriculum Studies*. – 2022. – V. 54(5). – pp. 599–617. <https://doi.org/10.1080/00220272.2022.2089538>.
47. Колмогоров А. Н. Радость познавать мир // *Правда*. – 1968. – № 245(18292). С. 2.
48. Shields D., Verga F., Andrea Blengini G. Incorporating sustainability in engineering education: Adapting current practices to mining and petroleum engineering education // *International Journal of Sustainability in Higher Education*. – 2014. – V. 15(4). – pp. 390–403. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2013-0014>.
49. Haupt G., Webber-Youngman R. C. W. Engineering education: an integrated problem-solving framework for discipline-specific professional development in mining engineering // *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. – 2018. – V. 118. – No. 1. – pp. 27–37. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n1a4>.
50. Mischo H., Brune J. F., Weyer J., Henderson N. Mine disaster and mine rescue training courses in modern academic mining engineering programmes // *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. – 2014. – V. 114. – No. 12. – pp. 987–992.
51. The Book. The Ultimate Guide to Rebuilding a Civilization. Hungry Minds, 2022, 408 p.