

ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ

УДК 378.16

В. Лившиц

ДВЕ КОНЦЕПЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: АНАЛИЗ В СВЕТЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Аннотация. В статье приводится детальное сравнение двух концепций инженерного образования – фундаментализации и профессионализации. Работа имеет новаторский характер, поскольку подобное сопоставление до сих пор не было представлено в мировой научной литературе. Методологическими основаниями работы являются аналитические и концептуальные исследования.

Мировые стандарты инженерного образования декретируют главным критерием качества подготовки выпускника вуза его профессиональную компетентность. В соответствии с этим генеральной линией инженерного образования должна стать его профессионализация. Однако многие топ-структуры отдельных модулей и системы инженерного образования в целом сохраняют приверженность морально устаревшей концепции фундаментализации инженерного образования. Проведенный автором статьи подробный анализ доказывает ее полную неадекватность задачам инновационной перестройки рассматриваемого направления обучения.

Автор публикации надеется, что результаты его работы будут способствовать коренному пересмотру системы взглядов топ-менеджеров на принципы подготовки инженеров. Устаревшую концепцию фундаментализации инженерного образования нужно как можно скорее сдать в архив.

Ключевые слова: мировые стандарты, инженерное образование, фундаментализация, профессионализация, компетентностный подход.

Abstract. The paper deals with the comparative analysis of the two concepts of engineering education – the fundamental and the professional. Such comparison has not being analyzed in scientific literature before, which suggests the innovative feature of the research. The methodological basis of the research incorporates the analytical and conceptual studies.

The international standards of engineering education declare the graduates' professional competences as the main quality criterion. Therefore, the professional competences should become the main objective of engineering education. However, a lot of top managerial structures of the engineering education system and its separate modules still maintain the out-of-date concept of fundamental engineering education. The detailed analysis conducted by the author proves the irrelevance of the given concept to the goals of innovative reorganization of the education in question.

The author believes the research results can facilitate the revision of top-manager's point of view, concerning the principles of engineers' training, and rejection of the out-of-date fundamental educational concept.

Index terms: international standards, engineering education, fundamentallization, professionalization, competence approach.

Проблемная ситуация в области инженерного образования. Во всем мире работодатели в самых разных областях – промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, энергетике, сфере услуг, вооруженных силах, культуре, образовании и т. д. – все более остро испытывают нехватку профессионалов, подготовка которых соответствовала бы современному уровню развития цивилизации.

В настоящее время заметно меняется содержание инженерного образования (*Engineering Education*, далее – *ЕЕ*), которое качественно отличается от того, что было еще 10–15 лет назад. Созданы и успешно применяются международные стандарты (МС) *ЕЕ*, детально регламентирующие все его аспекты.

МС сконцентрированы в три кластера:

- АБЕТ-Criteria 2000 – регламенты ведущих стран мира на базе американских идей;
- EUR-ACE – Болонские стандарты и регламенты для стран континентальной Европы;
- АРЕС-стандарты для стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Кластеры носят открытый характер: любой вуз *ЕЕ* через национальную ассоциацию вузов *ЕЕ* может присоединиться к выбранному кластеру, если, конечно, он соответствует критериям этого кластера и готов выполнить условия приема. Казалось бы, созданы все предпосылки для инновационной модернизации *ЕЕ*. Однако мониторинг сегодняшней ситуации показывает, что поворот вузов *ЕЕ* в сторону уменьшения *Education Gap (EG)* – отрыва *ЕЕ* от сегодняшних реалий техносферы – происходит достаточно медленно. Небольшое число вузов – лидеров такого поворота – резко выделяется на фоне инертного массива вузов, еще только раздумывающих о замене традиционной парадигмы. А в некоторых странах таких вузов-лидеров нет вовсе.

Инновационный характер международных стандартов инженерного образования. Разработка МС *ЕЕ* явилась итогом разрешения многолетнего конфликта интересов в паре «работодатель – “производитель” инженеров» при попытках преодоления *EG*. Многообразие проблем

вокруг *ЕГ* посвящены интервью автора статьи [5] и монография, написанная им в соавторстве с А. Беляевым [1].

В основу *МС ЕЕ* положен категорический примат требований работодателя, которые отражены в параметре «профессиональная компетентность» (ПК) инженера. В квартете «профессиональная компетентность, знания, умения, навыки» (ПКЗУН), характеризующем результаты *ЕЕ*, три последних параметра должны использоваться лишь как промежуточные, сугубо учетные показатели.

Структуризация и наполнение профессиональной компетентности. Познание, виртуальное создание и материальная реализация новых систем и объектов техносферы декретируются в *МС* как целевая установка системы *ЕЕ* в целом и ее отдельных модулей. При этом в ходе реальных контактов инженера с объектами техносферы возникают два типа инфовзаимодействия:

- тип **a**: главной задачей признается *описание новой системы в техносфере* на этапе проектов и концепций. Это позиция внешнего субъекта – проектанта или лица, принимающего решения. Этап реализации здесь рассматривается исключительно как результат претворения в жизнь проектных решений посредством тривиальных, рутинных действий, полностью лишенных креативности;

- тип **b**: главная задача формулируется как *овладение новой системой в техносфере* с целью решения и реализации инженерных задач, преодоления *энтропийного сопротивления сложного объекта и окружающей среды* посредством нетривиальных, эмпирических, эвристических, формально не описываемых креативных действий и решений для получения конструктивных и продуктивных результатов. Это позиция пусконаладчика и основного пользователя – просьюмера (*producer + consumer* в одном лице).

Взаимодействия по типу **a** многократно рассмотрены в научной литературе и проектной документации. В таких случаях для описания системы используют различные модели [3]. В рамках научных и учебных дисциплин, составляющих блок естественных наук (ЕН), традиционно предлагается обширный инструментарий для решения данного типа задач. К этому добавляется сегодня мощный потенциал машинных расчетов и имитации на ЭВМ. Выпускник *ЕЕ* в этих условиях довольно быстро проходит путь от новичка до молодого профессионала.

Гораздо сложнее обстоит дело с задачами типа **b**. Соответствующие технологические действия, ведущие к результату, не имеют модельного описа-

ния – до сих пор не разработаны ни общая теория технологии, ни специальные теории отдельных технологий. Очевидно, что процесс профессионализации выпускника *ЕЕ* в этом случае должен быть качественно иным, чем в случае взаимодействия по типу **а**. В этой ситуации необходим углубленный анализ техносферных объектов инженерной деятельности.

Производственно-технологическая система. Длительное время считалось аксиомой, что объект инженерной деятельности в техносфере – это машина или совокупность машин, техническая система (ТС). Сегодня термин ТС уже не отражает сущности сложных многофункциональных систем техносферы как объектов ее инновационной модернизации. Работодатели стремятся покупать или производить объекты техносферы, отличающиеся высоким уровнем автоматизации проектирования, изготовления, контроля, сбыта, послепродажного мониторинга и обслуживания и т. д. Поэтому предлагается ввести новое понятие – производственно-технологическая система (ПТС). Например, ПТС дискретного производства (ДП), прежде всего машиностроения или приборостроения, – это объект техносферы, созданный средствами современного хардвера и софтвера с целью преобразования предметов труда, заданного конструкторской информацией (КИ), автоматическим действием технологических эффекторов, обусловленным технологической информацией (ТИ). Материальная форма ПТС ДП – ансамбль из людей, технологических машин, транспортно-накопительных средств и управляющих устройств. Основным компонентом ПТС, ее «клеточкой» является *технология*, а ядром технологии, несущим «генетические» нагрузки, – *информация*.

Профессиональная компетентность, необходимая для овладения ПТС. Первым шагом в этом случае должен быть процесс самообучения тьютора, который затем обучает будущего инженера. Тьютор входит в инфоконтакт с «атакуемой» ПТС.

По мере роста сложности техносферы вообще и самой ПТС в частности такие системы начинают проявлять некоторое подобие «поведения». Состояние обманутых ожиданий пользователя в этой ситуации хорошо отражает введенный в Массачусетском технологическом институте термин «контринтуитивность»: «Эта *чертова штуковина* ведет себя не так, как должна была бы вести!». По этому признаку, согласно классификации Н. Н. Моисеева [3], ПТС могут быть отнесены к кибернетическим системам (КС). Для КС характерно наличие блока тезауруса – инфомодели среды и самой КС. ПТС нельзя признать полноценными КС, поскольку ав-

тономный блок тезауруса в них отсутствует, а его носителями являются компьютерная, алгоритмическая и системная страты в структуре ПТС, сопроводительная документация, прежде всего технологическая, и ментальные «блоки тезауруса» в головах пользователей.

Тьютор, вступая в изучающий инфоконтакт с ПТС, принимает на себя роль носителя тезауруса и в таковом качестве решает свою главную задачу – трансляцию информации от ПТС в собственное хранилище. В ходе этого процесса происходит эпистемологическое преобразование информации в знания, умения, навыки, на базе которых формируется авто-тезаурус, – это и есть ПК. Многолетняя практика *ЕЕ* показывает, что создание автотезауруса можно интерпретировать как образование некоего симбиоза тьютора и «атакуемой» ПТС – временной КС (ВКС). Этот виртуальный объект и является основным инструментом инженерного овладения сложными объектами техносферы. Поэтому задача тьютора в области *ЕЕ* – сформировать у будущего инженера профессиональную компетентность как инструментарий создания ВКС. Очевидно, что решить эту задачу невозможно методами теоретического или имитационного обучения. Только «клинические» методы обучения в условиях реальных ВКС приводят к требуемому результату: сочетание «knowledge + know how» в виде креативных решений (комбинации эмпирических знаний и эвристических находок) дает формирование тезауруса выпускника *ЕЕ* в полноценную ПК. Подобная концепция обучения инженера получила название «профессионализация *ЕЕ*» (*ПЕЕ*). Именно *ПЕЕ* в полной мере отвечает требованиям МС *ЕЕ*.

Конкурирующие концепции инженерного образования – «профессионализация» и «фундаментализация». Несмотря на появление новой концепции обучения, значительное число втузов продолжает работать по старой схеме, в основе которой лежит концепция «фундаментализация *ЕЕ*» (*ФЕЕ*). Такие втузы выпускают «эрудитов в белых халатах», которые при контакте с объектами реальной техносферы вместо профессионалов оказываются «эмбрионами», вынужденными доучиваться, переучиваться или менять профессию.

Реализация концепции *ПЕЕ* требует больших затрат и забот: оснащения втузов дорогостоящими средствами «образовательной инженерии» (среди них современные hardware и software, стационарные и мобильные роботы, оборудование с ЧПУ, рабочие места реальных производств и т. д.), постоянного переобучения педагогов, организации практик, курсового

и дипломного проектирования на предприятиях хайтек и т. д. А главный вопрос апологетов *ФЕЕ*, занимающих сверхпрочные позиции в топ-структурах *ЕЕ*: «Где взять резервы учебного времени? Ведь и так недавно срок обучения был сокращен с пяти до четырех лет».

Ответ на этот вопрос давно известен вузам-лидерам и педагогам-новаторам: значительные резервы учебного времени появятся, когда произойдут отказ от ложно понимаемой, схоластической и снобистской концепции *ФЕЕ* и замена ее на *ПЕЕ*.

Что несет в себе концепция *ФЕЕ*, до сих пор высокомерно провозглашаемая «научным базисом *ЕЕ*»? *ФЕЕ* – это *ЕГ* вследствие «широты» и безадресности подготовки инженеров, в то время как *МС ЕЕ* требуют прямо противоположного; это преподавание естественных наук в начале XXI в. так же, как в начале XX в. Апологеты *ФЕЕ* утверждают, что такое положение легитимно, поскольку «законы природы неизменны». Далее будет показано, что это утверждение не соответствует современной научной картине мира; оно означает игнорирование того факта, что естествознание – не единственный корпус фундаментальных наук: уже более 150 лет существуют науки о техносфере – корпус технознания; в последние 50 лет появились науки об инфосфере – корпус инфознания.

Позиция *ФЕЕ* ведет к непониманию инженерных задач типа **b**, к снобистскому разделению учебных курсов, научных и инженерных направлений на «аристократические» и «плебейские»; игнорированию фундаментального феномена XX в. – невероятного увеличения сложности объектов техносферы, инфосферы, социосферы. Ответом на этот вызов был инновационный прорыв – создание блока «наук XX века» (кибернетики, общей теории систем – системологии, системотехники, системного анализа; синергетики, теории сложности, теории хаоса, общей теории информации, мехатроники, моделетроники и т. д.). Приверженцы *ФЕЕ* рассматривают науки XX в. как нефундаментальные прагматические разделы ЕН и на этом основании оправдывают их дискриминацию, отводя на их изложение минимум учебных часов. Эта претензия на абсолютизацию роли ЕН в подготовке инженера обосновывается тезисом о том, что методы и средства анализа и исследований, накопленные в области естественных наук, – это вершина инструментальных достижений человека в области познания. В угоду этому тезису студентам различных специальностей (всем вместе!) излагаются общие теории ЕН, в редких случаях подкрепляемые упрощенными и школярскими примерами из практики.

Напротив, *ПЕЕ* состоит в обучении системно осмысленной практике каждой специальности и в насыщении всех без исключения учебных дисциплин подлинными профессиональными задачами и проектами. *ПЕЕ*, как и *ФЕЕ*, провозглашает приоритет фундаментальных дисциплин и сведение к минимуму дисциплин описательных, эклектичных, рецептурных. Но, в отличие от *ФЕЕ*, в качестве научного базиса техносферы *ПЕЕ* рассматривает не только естествознание, но и технознание и науки XX в.. Поэтому в рамках *ПЕЕ* осуществляется подлинная, а не снобистская фундаментализация *ЕЕ*.

Как уже упоминалось, во многих областях инженерного дела до сих пор не разработаны общая теория технологии и специальные теории отдельных технологий. Однако можно с полным основанием утверждать, что идеи цели, инфопотока, обратной связи, адекватности и гомеостаза, составляющие активный инструментарий наук XX в., образуют надежную опорную схему для изучения систем различной природы и для продвижения к созданию общей теории технологии. Поэтому в русле концепции *ПЕЕ* следует увеличивать часы для изучения наук XX в., а не выхолащивать их содержание и изучение как малозначащих приложений ЕН.

Преодоление концепции фундаментализации инженерного образования. Топ-структуры *ЕЕ* грудью стоят на защите *ФЕЕ*, однако во всем мире и в России насчитывается уже много сотен успешных примеров преодоления этой ложной концепции втузами, кафедрами и отдельными педагогами. В интервью [5] приведены два впечатляющих примера инновационной модернизации курсов физики и высшей математики (ВМ) для инженеров всемирно известными учеными и выдающимися педагогами академиками В. С. Пугачевым и Л. Д. Ландау. В. С. Пугачев предложил четыре принципа модернизации курса ВМ для авиаинженеров и реализовал эти идеи в своей более чем полувековой педагогической деятельности. Он достиг значительных успехов в экономии времени на простом учебном материале, с тем чтобы ввести в курс новейшие сложные разделы ВМ. Л. Д. Ландау также весьма успешно использовал принцип экономии времени: например, он излагал теоретическую механику за один семестр вместо четырех! Это стало возможным благодаря использованию мощных инноваций для описания явлений и объектов механики вместо давно устаревшего инструментария. До сих пор втузовские учебники используют для объяснения законов Ньютона и следствий из них характеристики ньютоновского описания: сила, координата, скорость,

импульс. Это описание соответствует состоянию науки XVII–XVIII вв. Но уже в начале XIX в. формулировка второго закона Ньютона была обобщена с помощью новой функции – гамильтониана H , который характеризует полную энергию системы. Функция H сама по себе полностью описывает динамику системы. Зная только H , можно решить все возможные задачи механики Ньютона.

Гамильтонова формулировка классической динамики – одно из величайших достижений в истории науки, триумф математизации природы. В дальнейшем гамильтонов формализм в виде канонических уравнений был расширен, охватив теории электричества, магнетизма, квантовой механики (в форме оператора). Именно функцию H наряду с другими методическими инновациями использовал Л. Д. Ландау для впечатляющей экономии учебного времени. К сожалению, ни в 30-е гг. XX в., ни 80 лет спустя функции Гамильтона не были включены в программы ВМ для инженеров.

Сегодня в России реализуется интересный проект «Лучшие образовательные программы (ОП) инновационной России». Однако при знакомстве с этим проектом выясняется, что отобранные ОП не прошли международной аккредитации на предмет их соответствия МС ЕЕ. Возможно, что какая-то внутрироссийская аккредитация этих ОП была все же проведена, но это слишком напоминает басню о том, что «кукушка хвалит петуха за то, что хвалит он кукушку». В старых русских гимназиях в таких случаях говорили: «танец шерочки с машерочкой».

Новый диалог человека с природой и концепция ФЕЕ. Идеологи концепции ФЕЕ утверждают, что именно преподавание ЕН по методологии ФЕЕ вырабатывает у слушателей цельное научное мировоззрение, менталитет научного образа мышления. Вот их аргументы: законы природы универсальны и неизменны, поэтому изложение ЕН на основе методологии и описания классиков, открывших эти законы, дает яркую картину исторического пути науки и приводит к формированию научного мировоззрения.

В начале второго десятилетия XXI в. подобная позиция – не что иное, как невежественное заблуждение. Уже полвека длится интенсивная научно-гносеологическая атака на устаревшие догматы ньютонианства – классической науки XVII–XVIII вв. На базе инновационных прорывов мировой науки XX в. возник новый диалог человека с природой. Сегодня можно с полной уверенностью сказать, что в результате полувековых уси-

лий ученых создан новый научный метод революционного естествознания. Этот метод положен в основу нового научного мировоззрения, которое противостоит классическим механистически-причинным моделям Бэкона, Галилея, Декарта, Ньютона и их последователей. Наибольший вклад в этот научный прорыв внесли выдающийся исследователь и мыслитель Илья Пригожин и Брюссельская школа его учеников и единомышленников [2; 4].

Основоположники классической науки утверждали, что законы природы глобальны и неизменны, и все происходящее в мире можно объяснить посредством унифицированных схем, отвечающих постулатам рациональности. Признанию этих постулатов классической науки XVII в. способствовал поразительный, беспрецедентный успех: удивительное совпадение между ее теорией и экспериментальными результатами опытов или измерений. Этот успех объясняется тем, что опыты и измерения проводились на *простых* системах: падение твердого тела, движение маятника или орбитальные движения планет. Сегодня мы знаем, что мир сложен: предположение о том, что мир ведет себя как автомат, вечно следующий простым законам, или как гигантская заводная игрушка, идеалистично.

Классикам науки XVII в. невероятно повезло и в том, что изучаемые ими системы оказались пограничными случаями: поскольку их физическая и химическая активность равновесны, такие системы подчиняются детерминизму и обратимости. Громадный арсенал экспериментальных результатов в различных областях науки конца XIX в. и всего XX в. показал, что правилом как раз является *необратимость* и *недетерминированность* систем и процессов. Именно *необратимые* процессы, которые раньше отменялись как неприятные помехи для исследования, теперь превратились в центр интересов самых разных областей науки. Эти процессы лежат в основе далеких от равновесия состояний материи и неожиданно проявляются в стихийной *самоорганизации* процессов в природных и искусственных системах. При этом незначительные колебания элементов системы могут повлечь за собой сильные изменения и обнаружить новые формы когерентности и взаимодействия структур.

По утверждению И. Пригожина, «наука вновь открывает для себя понятие времени» [4, с. 18]. Время рассматривается не только как параметр движения в динамике, но и как мерило внутреннего саморазвития. Если есть объекты неорганизованные и объекты организованные, то это

результат эффекта времени. Ему как бы принадлежит роль творца, и поэтому время действует в качестве «всеобщего эффектора» как в микромире, так и в макромире. «Будущее не вытекает из прошлого» [4, с. 35] – эта формула стала лейтмотивом новой картины мира. Будущее требует для своего прорыва в реальность новых и обязательно нетривиальных, креативных решений и действий. «Твердо уверенным можно быть только в том, что весь этот мир насквозь проникнут *креативностью*» [6, с. 53].

Новые парадигмы естествознания. Прорывные инновации Ильи Пригожина означают переход к философии *развития и становления*, в то время как парадигмы классической науки относились к статической субстанции – *бытию*. «В начале третьего тысячелетия мы твердо знаем, что дверь в будущее широко открыта, что мир не закрыт и не закончен, а находится в становлении. Поэтому наши решения приобретают особенный вес» [2, с. 23]. В беспредельной, разнообразной Вселенной человечество занимает ничтожно малое место. Но роль человека привилегированна в силу того, что он – носитель креативной ментальности, которая рождает новое. И в этом он подобен природе, создающей новое непрерывно. Поэтому человек вступает с природой в коммуникацию, в диалог, чтобы осознать ее изобретательную творческую деятельность.

При этом понимание природы все дальше выходит из границ односторонних – либо материалистических, либо идеалистических – концепций. Такое понимание природы чуждо классической науке. «Ни в коем случае я не хочу оспаривать то, что ньютоновские аксиомы великолепно применимы к определенному классу систем» – утверждает И. Пригожин [4]. Но реальные системы попадают в эти классы, когда их грубо упрощают, *стилизуя под исключения*, обратимый характер которых противоречит внимательному наблюдению и опыту. Великие ученые терпели крах в несостоятельных попытках охватить постулатами классической науки все огромное разнообразие природы: А. Эйнштейн, рассматривавший мироздание как детерминированную машину, не смог резюмировать все законы физики в единой унифицированной теории поля; неубедительны построения Р. Фейнмана и С. Хокинга, которые полагают, что природа может быть описана немногими законами классической и квантовой механики, чем-то вроде всемирной универсальной формулы, и т. д.

Ньютонианство с самого начала подвергалось суровой критике: уподобление мироздания часовому механизму у многих мыслителей вызывало протест. Сильнейшие удары парадигмы Ньютона (ПН) получали

начиная с самого начала XIX в. Тепловые машины и их теория, второе начало термодинамики, эволюционная теория Дарвина, квантовая механика – вот наиболее существенные из таких ударов. И все же до сих пор ПН образуют центральное ядро науки в целом. Это положение сохраняется с того времени, когда ПН оказались адекватными тем объектам техносферы, которые были созданы в период первой промышленной, машинной революции (вторая половина XVIII в.). Для решения возникших в связи с этим задач классическая наука далеко продвинулась в изучении проблем устойчивости, равновесия, однородности и порядка, в познании замкнутых систем и линейных соотношений сигналов на их входе и выходе. Однако претензии ньютонианства на монополию в описании мироздания сегодня, в XXI в., после трехсот лет сокрушительной критики ПН, не могут восприниматься всерьез.

Парадигмы Пригожина исходят из того, что большинство систем во Вселенной и на Земле *открыты* – они обмениваются энергией, веществом и информацией. Главенствующую роль в этих системах играют не порядок, стабильность и равновесие, а неустойчивость, неравновесность, нелинейность, темпоральность. Открытые системы содержат подсистемы, которые непрерывно подвержены *флуктуациям*. Иногда флуктуации могут быть настолько сильными, что существующая организация системы разрушается (точки *бифуркации*). Состояние системы может стать хаотическим; однако возможен и другой сценарий – переход системы на более высокий уровень упорядоченности или организации, который И. Пригожин назвал *диссипативными структурами* [4]. Э. Тоффлер провозглашает эти предложения И. Пригожина «чрезвычайно плодотворной идеей» [6]: они открывают возможность *спонтанного* возникновения порядка и организованных структур из хаоса в результате процесса *самоорганизации*.

Однако до сих пор ПН занимают сильные позиции не только в ЕН, но и в социальных науках – например, экономических. Поэтому центральная задача *ЕЕ* в формировании мировоззрения инженеров должна заключаться в решительном отходе от ПН и ознакомлении слушателей с инновационными инструментами диалога человека с природой. Итак, претензии приверженцев *ФЕЕ* на монополию формирования современного научного мировоззрения необоснованны, поскольку преподносимый ими учебный материал чаще всего относится к *Plusquamperfekt* – давно прошедшему времени. Доводы идеологов *ФЕЕ* напоминают утверждение учителя физики о том, что легитимно преподавание геоцентрической сис-

темы Птолемея вместо гелиоцентрической системы Коперника, поскольку это одно и то же. Пора сдать в архив концепцию *ФЕЕ*.

Литература

1. Беляев А., Лившиц В. Educational Gap: технологическое образование на пороге XXI века. Томск: Изд-во STT, 2003. 503 с.
2. Будущее не содержится в настоящем [Интервью с И. Пригожиным] // Вестн. Европы. 2010. № 28–29.
3. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: пер.с англ. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
5. «Продукция» инженерного образования: эрудиты или профессионалы? / В. Лившиц, интервью // Аккредитация в образовании. № 6 (41). 2010. С. 13–19.
6. Тоффлер Э. Наука и изменение: предисл. // Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: пер. с англ. М.: Прогресс, 1986. 432 с.