

Элементы креативности в инженерном образовании

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
В.А. Михайлов, А.Л. Михайлов, В.П. Желтов

Рассмотрены противоречия в развитии техники и инженерном образовании, алгоритмы их разрешения, приемлемые для инженеров, исследователей, преподавателей и студентов, основанные на многолетней практике разработки и применения около 20 алгоритмов, основанных на ТРИЗ.

Ключевые слова: инженерное образование, алгоритмы творчества, техника, система, функция, теория решения изобретательских задач, ТРИЗ, противоречия.
Key words: engineering education, creativity algorithms, system, function, Theory of Inventive Problem Solving (TIPS / TRIZ), contradictions.

Введение

Как известно, инженерное образование по сравнению с другими, например, гуманитарным или естественнонаучным, имеет свою специфику. Предлагается для ознакомления опыт использования теории изобретательских задач (ТРИЗ) в деле обучения некоторых инженерных специальностей в Чувашском государственном университете имени И.Н. Ульянова (ЧГУ). В работах [1, 2] описан опыт применения практико-ориентированных образовательных технологий в инженерном образовании. Показывается, что тенденции, которые в настоящее время преобладают в деле трансформации инженерных образовательных программ (включая содержание и технологии), противоречивы и не дают надежды на скорое изменение ситуации в деле подготовки современных инженеров. В [2] рассмотрен опыт Сибирского федерального университета (СФУ) по формированию компетенций инженеров на основах учета структуры современных знаний, умений и навыков, формирования компетенций в области генерирования новых идей. С учетом современных подходов, теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [2-5] и практики СФУ предлагаются дидактические и

информационные технологии. Формирование креативных людей, способных генерировать идеи – веление нашего времени, перехода стран на инновационный путь развития. Генерация инновационных идей становится все более востребованным видом человеческой деятельности, в связи с переходом цивилизации на устойчивый инновационный путь развития, на пятый и шестой технологические уклады [1], где особое значение имеет креативность человека.

В ЧГУ подготовлена [6-10] база знаний для специалистов, инженеров, преподавателей и студентов. Она включает: 30 наименований книг про ТРИЗ в количестве 600 экз., 15 пособий, изданных в ЧГУ в 1976-2014 гг., их в библиотеке ЧГУ более 1000 экз. В пособиях собраны учебные творческие задачи по химии, охране окружающей среды, металлообработке, электротехнике, бизнесу и информационной технологии. В компьютерных классах ИВЦ ЧГУ и кафедр имеются экспертные системы – компьютерные программы и видеофильм про ТРИЗ. В школе ТРИЗ и некоторых спецкурсах кафедр компьютерных технологий и радиотехники студентов знакомят с основами ТРИЗ, которые включают [3-13]: системный подход, обобщенный опыт многих изобретателей в алгорит-

мах решения творческих задач и примеры патентов – творческих решений из разных разделов техники и науки.

От инженеров требуются инновационные решения проблем, и им могут помочь в этом разработки АРИЗов, которые велись в СССР 1961-1985гг., и продолжают вестись в РФ в настоящее время. Разрабатываются и усложненные методики, и упрощенные подходы, доступные для начинающих. В настоящее время из 800 технических вузов РФ, как нам известно, только в нескольких десятках знакомят студентов с элементами ТРИЗ, – при этом полное освоение ТРИЗ студентами почти невозможно из-за того, что ТРИЗ не считают существенно важной дисциплиной для инженеров, на ознакомление с ней выделяют мало учебных часов или совсем не выделяют.

Приведем основные положения ТРИЗ и методики, используемые нами при обучении студентов.

1. Системный подход. В ТРИЗ рассматривают строение и структуру систем, их функции (основная – главная, вспомогательные, дополнительные и вредные), учет недостатков систем (что надо улучшить, усилить и что надо ослабить, устранить). Учет основных закономерностей развития систем: а) системы развиваются в сторону идеальных систем (ИС) или идеального конечного результата (ИКР); б) на пути улучшения систем в сторону ИКР возникают технические (ТП) / физические противоречия (ФП), которые необходимо разрешить. Сознательный учет этих законов развития уменьшает потери времени на поиск новых творческих решений, уменьшает число ошибочных решений (с тысяч до 3-7 близких к реализуемой) и повышает качество найденных решений.

2. Оценки специалистов креативности. По оценкам специалистов креативных технологий, при случайном поиске творческих решений (когда не признают пользу знаний законов развития систем при поиске новых решений по «методу проб и ошибок» МПиО) из 3000 пред-

ложений-идей коммерчески применяют лишь 1 идею, при направленном поиске, основанном на законах развития систем, находят 3-7 идей, которые все являются практически пригодными [2-13], после технико-экономической количественной оценки из них выбирают 1-2 идеи.

3. Перечень ТРИЗ-методик. В табл. 1 приведен перечень средств и методик, основанных на ТРИЗ, разной степени сложности для обучающихся и специалистов. Методики различаются как по числу элементов ТРИЗ, включенных в них, так и применимостью для решений творческих задач разной степени сложности (и участием в поиске решения или одного человека, или группы специалистов, или привлечением нескольких групп специалистов разных профессий). Методики в п.п. 1-5 отнесем к простым и потому приемлемым для изучения и применения их в начале ознакомления основ ТРИЗ и в начале практики освоения; они применяются одиночными решателями творческих задач. Методики 2, 10-12, 14 основаны на интеллектуальной поддержке новых решений с помощью компьютерных программ – экспертных систем Изобретающая машина – ИМ-1.5 (НИЛИМ, Минск, 1989) или англоязычных аналогов Техно-Оптимайзер – ТОП-2.5 (ИМ-Корп, Бостон, 1997), ГолдФайер – ГФ-3.5 (ИМКорп, Бостон, 2007) и Машина открытий – МО-2.4 (С-Петербург, 2004). Пользователи сами разработали много простых поисковых компьютерных программ к п.1 (по системе 40 приемов разрешения технических противоречий Г.С. Альтшуллера). Методики 6-9, 12-15 относятся к сложным и очень сложным.

4. Обучение ТРИЗ. Что делается для обучения учащихся и ТРИЗ-специалистов? На международной ТРИЗ-конференции А. Гин доложил о работах Лаборатории образовательных технологий за 15 лет [12, 14]. Им и его группой подготовлены за 15 лет 30 учебников для школы по разным дисциплинам, в которые включены для тренировки и ознакомления учеников открытые задачи (для них



В.А. Михайлов



А.Л. Михайлов



В.П. Желтов

Таблица 1. Перечень методик решения творческих задач, основанных на ТРИЗ [15]

№ п/п	Наименование методики	Число шагов	Типы задач	Литература
1	2	3	4	5
1	Система 40 приемов РТП с табл. Г.С. Альтшуллера (1972)	5+	простые	[3, 8, 13]
2	Программное обеспечение Генерации идей С. Малкина и Guided Brainstorming LLC, (2012)	6+	простые	[14]
3	Пяти/ десятишаговка А.В. Подкатилина (2008) ТЭР-1 – технология эффективных решений 1-го уровня	5-10	простые	[13, 15]
4	АлгМИП (часть 1 АРИЗ-77 и табл. РТП, 1992, ЧГУ)	15-20	простые	[10, 13]
5	Система 76 стандартов РИЗ Г.С. Альтшуллера (1985)	1-10	простые	[3, 4, 13]
6	Алгоритм изобретения АРИЗ-85в (1985)	>100	сложные	[3, 4, 13]
7	Алгоритм решения инженерных проблем АРИП Г.И. Иванова (2010)	>32	простые-сложные	[15]
8	ТЭР-3 – А.В. Подкатилина, высокого уровня, включающая этапы внедрения решений (2015)	>>10	сложные	[20]
9	Алгоритм G3-ID (фирм Gen3-partner, S. Litvin, США и Алгоритм, СПб, 2000)	>>100	очень сложные	[15]
10	Алгоритмы Ideation TRIZ, Direct Evolution (B. Zlotin, US, 2006)	>>100	сложные	[15]
11	Программа изобретающая машина ИМ-1.5 (1989, Минск, НИЛИМ, В. Цуриков)	5-100	простые-сложные	[10, 15]
12	Программа технооптимайзер ТОП-2.5 (1997, IMCorp, US): свертка ТС, 40 приемов РТП, эффекты (ФЭ, ХЭ, ГЭ), стандарты, прогнозы	5-100	простые-сложные	[8, 13, 15]
13	Программа интеллектуальной поддержки инженера GoldFire-3.5 (2007, IMCorp, US)	5-100	простые-сложные	[15]
14	Алгоритмы для задач информационной технологии (книга М.С. Рубин и др., 2012)	5-100	простые-сложные	[15]
15	Алгоритм открытий МО-2.4 (В.В. Митрофанов, 2004)	>7	научные	[15]
16	АРИЗ-2010 (С. Литвин, М. Рубин, В. Петров и др., ТРИЗ-саммиты 2005-2013)	>100	простые-сложные	[15]
17	Диверсионный анализ (Б. Злотин и др., 1989)	5-100	простые-сложные	[15]
18	Прогнозирование развития систем (по S-кривой и др., Б. Злотин, С. Литвин)	>100	сложные	[3, 5, 15]

возможны множества правильных решений с разной степенью приближения к идеальному решению). Эти учебники и книги группа издает на десятке языков мира. Школьники и студенты должны знать, что в жизни им встретятся разные открытые задачи и ТРИЗ-методики помогут им разрешать их. В ЧГУ, Томск ГУ и Томск ГАСУ издаются пособия [5-16], помогающие осваивать ТРИЗ для решения технических, химических, бизнес и экологических задач и проблем.

5. Простой алгоритм поиска решений. Одним из самых простых и эффективных методик ТРИЗ для освоения студентами, на наш взгляд, является алгоритм Генерации идей. Краткое изложение алгоритма Генерации идей [14] в формулировании и решении задачи, используя нижеприведенный шаблон из 5 этапов (в пустые скобки с многоточием вставляется конкретное содержание по решаемой задаче /проблеме).

Задача / Проблема (как она понята пользователем, специалистом):

Этап 1. Цель решения – что надо получить в экономике, технике, человеческих отношениях; описать количественно: нынешний уровень и как должно быть; что нельзя изменять? как измерить успех? минимальный уровень? зачем это нужно? (...) что этому мешает? (...) (...)

Этап 2. ИКР: сама собой достигает-

ся цель (...) при условиях (...), где (...) и когда (...).

Этап 3. Выбор направления поиска из пяти видов вопросов об изменении функции технической системы (ТС):

а) что нужно увеличить, улучшить?
б) что нужно устранить, уменьшить?
в, г, д) какое противоречие надо разрешить (изменение функции / вещества / параметра (...) улучшает полезную функцию (...), но недопустимо ухудшает вред (...)).

Этап 4. Поиск идеи решения. Рекомендован следующий список 30 взаимозависимых абстрактных изобретательских приемов [3, 14], приведенный в табл. 2.

Начать поиск идеи с первой группы «ресурсы», используя каждый прием (или их совокупность) в качестве подсказки для нахождения новой идеи путем преобразования элемента или функции, действия, взаимодействия, процесса, окружающей среды или соседней системы. Может ли применение данного приема помочь создать новый ресурс или изменить результат? Далее рекомендовано рассмотреть все остальные приемы для устранения недостатка, разрешения противоречия за счет выявления ресурса.

При рассмотрении приемов надо учесть, что в базе данных приведены

Таблица 2. Абстрактные изобретательские приемы

	Группы приемов					
	РЕСУРСЫ	ВРЕМЯ	ПРОСТРАНСТВО	СТРУКТУРА	УСЛОВИЯ и ПАРАМЕТРЫ	
Приемы	энергия	заранее	другое измерение	исключение	частично	вакцинация
	вещества	после	асимметрия	дробление	избыточно	изоляция
	информация	пауза	матрешка	объединение	согласовано	противодействие
	производный	ускорить	вынесение	посредник	динамично	одноразовый
	концентрация	замедлить	локализация	копия	управляемо	инверсия

300 примеров их применений для разных видов задач: технических, экономических или человеческих отношений между людьми, как образцы применения изобретательских приемов.

Этап 5. Составить **концепцию** решения: оценить полезность или вредность найденных идей, собрать в концепцию взаимодополняющие решения, выявить новые возможные задачи и, если надо, повторить для них поиск идей, разработать план внедрения полученной концепции.

6. Пример решения задачи: Облако едкой пыли в цехе.

Задача: На одном участке цеха ППНПК стоит установка нейтрализации сбросного раствора кислот $\text{HF} + \text{HNO}_3$. Для этого в люк бака (с мешалкой и водой) высыпает мешок дробленой негашеной извести (CaO), из бака вытесняется воздух, который захватывает мельчайшие частицы CaO , и едкое облако пыли распространяется в цехе. Рабочий-оператор одет в защитный костюм и противогаз, над баком есть колпак вытяжной вентиляции. На облако пыли жалуются в отдел техники безопасности рабочие других участков цеха.

Этап 1. Цель: техническая и отношения между людьми. Что можно менять и что нельзя – кислоту сбросного раствора нейтрализовать надо полностью. Зачем это надо: выполнять норматив на сбросные воды, хорошо подходит дешевая известь (CaO). Что мешает: при высыпании порошка CaO образуется облако едкой пыли. Определить цель: устранить образование облака едкой пыли в воздухе цеха.

Этап 2. ИКР: само собой облако пыли CaO не выходит из атмосферы бака в цех при высыпании порошка извести в бак нейтрализации кислотного раствора.

Этап 3. Направления: 3.1 Улучшить атмосферу в цехе. 3.2 Устранить распространение облака в цехе. 3.3 ТП-1: порошок CaO необходим, чтобы нейтрализовать сбросной раствор, но при высыпа-

нии CaO в люк бака возникает облако пыли из-за вытеснения воздуха из бака. 3.4 ТП-2: насыпать порошок нужно, чтобы нейтрализовать сбросную воду, но плохо, что образуется облако вредной пыли из-за встречного потока воздуха в том же люке (порошок содержит частицы пыли, а пыль создает вредное облако в воздухе). Выбор направления 3.2, потому что все действия необходимы.

Этап 4. Поиск идеи (применение 30 приемов поиска ресурсов: Энергии (Э) = Механика – Акустика – Теплота – Поверхностная – Электричество – Магнит – ЭМ-волны – Химия – Биохимия – Ядерная физика; Вещества (В); Информации (И); Времени; Пространства; Структуры; Условий и Параметров). Используем группы приемов из табл. 2.

4.1. Ресурсы: 4.1.1. Э Механическая – кинетическая Э падающего порошка создает встречный поток воздуха. 4.1.2. Вещества (В = твердое - жидкость - газ - плазма) поток порошка + поток газа → захват пыли из потока порошка. 4.1.3. Информации (И): выяснилось, что нейтрализация стоков проводится раз в неделю – редко, главная экологическая задача – полностью нейтрализовать, а торопиться не нужно. Мешок – это 20 кг CaO плотностью ~3, CaO имеет объем 7 л и вытесняет из бака 7 л воздуха. 4.1.4. Производное (от Э / В / И): лучше медленно, но нейтрализовать точно и без вредного облака пыли. 4.1.5. Концентрация (Э / В / И) – можно приготовить концентрированный раствор извести заранее, но это лишняя операция, так как раствор нельзя долго хранить – при хранении образуется осадок.

4.2. Время: 4.2.5. Замедлить – при замедлении подачи порошка CaO уменьшится образование облака пыли.

4.3. Пространство: 4.3.2 Асимметрия – пусть поток порошка занимает лишь 0,1 часть площади люка – для этого вскрыть мешок не полностью, отрезать лишь угол мешка и высыпать тонкой струей; 4.3.3 Матрешка – поток-струя порошка в трубе не соприкасается с по-

током воздуха; 4.3.5. Локализация – порошок в трубе.

4.4. Структура: 4.4.1. Исключение контакта потоков порошка и воздуха; 4.4.2. Дробление – мешок высыпать не целиком, а порциями 1/20 с помощью ковша; 4.4.4. Посредники – ковш и воронка с трубой обеспечат точность дозирования и разделят потоки порошка и вытесняемого воздуха из бака.

4.5. Условия: 4.5.3. Согласовано – объем порций (ковша) согласован с требуемой точностью дозирования; 4.5.5. Управляемо – управление ковшом вручную.

4.6. Параметры: 4.6.2. Изоляция – главное это изоляция потоков.

Этап 5. Концепции: 5.1) (на основе приемов 4.1.3 + 4.2.5 + 4.3.2) – высыпать CaO из мешка тонкой струей (отрезать от мешка уголок), тогда пыли будет на порядок меньше; 5.2) (добавить приемы 4.3.3 + 4.3.5 + 4.4.1) – высыпать через воронку с трубой, тогда полностью исключается пылеобразование; 5.3) (добавить приемы 4.4.2 + 4.4.4 + 4.5.3 + 4.5.5) – высыпать не весь мешок, а дозировать CaO ковшом (на 0,5-1 кг), тогда решаются две задачи: главная – точная дозировка (на 100-110%) CaO и исключение пылеобразования. Заказчику предложены на выбор 3 варианта.

7. Практика применения ТРИЗ. 20-летняя практика применения ТРИЗ при решении технических задач разной сложности в СССР на сотнях предприятий (группами ТРИЗ-специалистов-учеников Г.С. Альтшуллера: С. Литвина, Б. Злотина, А. Подкатилина, Г. Иванова и др.) и более 20-летнее широкое применение ТРИЗ на основе программ интеллектуальной поддержки поисков творческих решений (как ТехноОптимайзер и Генератор идей) миллионами инженеров ТНК и других фирм в США, Западной Европе, Южной Корее и многих странах показывают постоянно эффективность квалифицированного применения ТРИЗ и его элементов для инновационного развития предприятий и фирм [5-8, 13-

16, 20].

Для развития ознакомления, обучения и применения ТРИЗ в исследованиях студентов, научных сотрудников и преподавателей ЧГУ предложена [4, 7, 15, 17] программа обучения в школе Инноватики на основе ТРИЗ на кафедре компьютерных технологий и Центра дополнительного образования ЧГУ (табл. 3). Эти программы предполагают ознакомление с основными понятиями ТРИЗ на первом занятии и во время последующих занятий решить не менее 30 учебных изобретательских задач в технике и управлении бизнесом, корректируя возникающие в ходе практики методические, технические и научные сбои, неточности и ошибки. Следует выделять предложения учащимися задач из собственной практики и предложенных им руководителями учебных или исследовательских СНИР. В программе занятий для преподавателей предлагается сделать акцент на подготовке ими дополнений к своим учебным курсам и спецкурсам на основе понятий и элементов ТРИЗ, помогающих углублению понимания и знания сложных разделов учебных дисциплин, направленных на показ их роли для инновационных технологий.

Подведены итоги 40 лет обучения основам ТРИЗ студентов и инженеров и применений ТРИЗ в книге «Основы теории систем и решения творческих технических задач» [13]. Из отзыва кандидата химических наук А. Рыженкова (2013): «Как помогли Ваши книга и БД ХЭ? При решении 20 задач я искал похожий эффект в базе данных www.dace.ru, иногда находил. Для решения задач я использовал АРИЗ-85в, линию эволюции техники, системный оператор, программу АлГМИП и свои химические и физические знания. Ваша книга [13] простая и ясная, по ней можно хорошо научиться самому. Хотя иногда в ней идут частные примеры задач, но они идут отдельно. До этого мне попадались учебники ТРИЗ, но они были написаны довольно размыто, учиться по ним было сложнее».

Таблица 3. Тематический план занятий школы ТРИЗ для студентов

№ п/п	Тема лекции	часы	Тема практики	часы
1	Основные понятия в методах творчества и теории систем. Видеофильм	2	Презентация методов творческих решений, задачи	4
2	Цель решения задачи. Пример решения	2	Распределение задач. Примеры решений.	4
3	Идеальный конечный результат. Понятие ресурсов техносистем	2	Пример решения. Показ решений учащимися.	4
4	Виды ресурсов в системах: готовых и производных	2	Пример решения. Показ решений учащимися.	4
5	Выбор из трех направлений поиска творческих решений	2	Пример решения. Показ решений учащимися.	4
6	Система 30 изобретательских приемов, разбивка на 6 групп	2	Пример решения. Показ решений учащимися.	4
7	Попытка решения и новые задачи, подзадачи, решение новой задачи	2	Пример решения. Показ решений учащимися.	4
8	Составление концепции решения и плана применения для практики	2	Итоговое занятие. Зачет	4
	Итого	16		32

Система 40 приемов РТП и Алгмип в [13, с. 118, 253] позволила нам разрешить противоречия и, тем самым, снизить техногенную нагрузку на окружающую среду при нефтедобыче путем защиты нефтепромысловой трубы от кавитационной эрозии (патент RU 2534134, опубл. 27.11.2014) и устранить четыре вида технических противоречий, характерных для современного индивидуального автотранспорта, в предложении универсальной пневмотранспортной системы (в заявке на патент RU 2011149865, опубл. 27.06.2013). Мы проводим дистанционное ТРИЗ-обучение по интернет. 30 учебных пособий изданы для д/с и средних школ россий-

ско-американской группой А. Гина, изобретательские сказки издали М. Шустерман [18] и В. Гальетов [19].

Заключение. Приведен перечень 18 известных ТРИЗ-методик разного уровня сложности и доступности для пользователей-инноваторов.

Предложен вариант программы обучения и освоения ТРИЗ-методик и для начинающих, и для преподавателей, и для сотрудников-инноваторов. ТРИЗ-методики применены для решения нескольких практических задач.

Рекомендуем всех студентов – будущих инженеров с помощью ознакомления с элементами ТРИЗ готовить к инновационной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Похолков Ю.П. Практико-ориентированные образовательные технологии в инженерном вузе // Инженерное образование – 2013. – № 13. – С. 3.
2. Подлесный С.А. Формирование компетенций в области генерирования новых идей – основа комплексной подготовки инженеров / С.А. Подлесный, А.В. Козлов // Там же. – С. 6–11.
3. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука / Г. Альтшуллер. – Петрозаводск: Скандинавия, 2004. – 208 с.
4. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ. М.: АББ, 2012. – 400 с.
5. Уразаев, В.Г. ТРИЗ в электронике / В. Уразаев. – М.: Техносфера, 2006. – 320 с.
6. Алексеев, Н.К. О применении методов творчества для разработки дипломных и диссертационных работ / Н. Алексеев, В. Михайлов [и др.] // Вестник Чуваш. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 276–280.
7. Михайлов, В.А. Активизация знаний по естественным и техническим наукам обучением ТРИЗ / В. Михайлов, А. Никитин // Там же. – С. 281–285.
8. Методы творчества для разработки дипломных работ: метод. указ. / Н.К. Алексеев, В. Михайлов [и др.]. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010. – 76 с.
9. Михайлов В.А. Эвристика-3: метод. указ. к решению химических задач / В. Михайлов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2007. – 116 с.
10. Михайлов В.А. Решения творческих экологических задач: учеб. пособие / В. Михайлов [и др.]. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1999. – 160 с.
11. Михайлов В.А. Элементы ТРИЗ при поиске решения физической задачи / В. Михайлов, А. Михайлов, Л. Жариков // Компьютерные технологии и моделирование: сб. науч. тр. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2011. – Вып. 7. – С. 42–51.
12. Mikhailov V.A. On the Application of TRIZ for Solution of Ecological Problems / V. Mikhailov, S. Filichev // TRIZfest-2013: proc. 9th MATRIZ Conf., Kiev, Aug. 1–3, 2013. – S Peterburg: SPbSPU, 2013. – P. 26–35.
13. Основы теории систем и решения творческих технических задач / В. Михайлов, Е. Андреев, В. Желтов, В. Гальетов, А. Михайлов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. – 388 с.
14. Михайлов В.А. Научное творчество. Методы конструирования новых идей / В. Михайлов, В. Горев, В. Утёмов. – Киров: Изд-во МЦИТО, 2014. – 114 с.
15. Михайлов В.А. Обучение ТРИЗ на кафедре компьютерных технологий / В. Михайлов, А. Михайлов // Компьютерные технологии и моделирование: сб. науч. тр. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. – Вып. 9. – С. 19–27.
16. Филичев С.А. Экологи изобретают: решение экологических задач методами технического творчества: учеб. пособие / С. Филичев, О. Лукашевич. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2011. – 116 с.
17. Михайлов А.Л. Обучение ТРИЗ на кафедре / А. Михайлов, В. Михайлов // Вопросы развития научной мысли. Ч. 4. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 117–124.
18. Шустерман М.Н., Шустерман З.Г. Новые приключения Колобка, или развитие талантливого мышления ребенка. – С Петербург: изд-во Речь, 2006. – 206 с.
19. Гальетов В.П. Изобретательность в сказках и в жизни. – Чебоксары: изд-во Новое время, 2014. – 204 с.
20. Подкатилин А.В. Доклад ТРИЗ-саммиту 2015. – в печати, СПб.: ТРИЗ-саммит.