

УДК 378:37.03

ПРИГОДНОСТЬ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (ТРИЗ) ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ ИНЖЕНЕРОВ БУДУЩЕГО

Лихолетов Валерий Владимирович,

доктор педагогических наук, кандидат технических наук,
профессор кафедры экономической безопасности,
likholetov@yandex.ru

Южно-Уральский государственный университет (НИУ),
Россия, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76.

Актуальность. Императив успеха в насыщенном информацией мире ориентирует на подготовку инженеров нового типа. Осмысление моделей профессий будущего дает нам тренды формирования у них надпрофессиональных навыков, слабо развитых и отсутствующих у современных выпускников. В системе профессионального образования и профессиональной инженерной деятельности нужна «сборка» системно мыслящего человека, способного решать нестандартные задачи. Имеется социальный заказ на формирование гармонично развитого человека. Обострена проблема анализа путей и ревизии имеющихся научно-педагогических средств достижения этой цели. **Цель исследования** – анализ системного инструментария теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) и теории развития творческой личности, возникшего на стыке методик функционально-стоимостного анализа систем и методов технического творчества с позиций пригодности этого инструментария задачам формирования системы надпрофессиональных навыков, диктуемых будущим рынком труда. **Новизна.** При анализе моделей профессий будущего уточнена система надпрофессиональных навыков, формируемых при обучении, самообучении и профессиональном становлении будущих инженеров. Построен их ряд по частоте упоминания в описаниях моделей профессий. Выявлено, что инструментарий современной ТРИЗ способен полностью обеспечить формирование всей системы этих навыков у будущих инженеров. **Теоретическая и практическая значимость.** Инструментарий ТРИЗ представляет согласованные динамические системы, способные стать дидактической платформой и основой системы качества подготовки будущих специалистов в процессах их обучения, самообучения и профессионального становления. Многолетний опыт эксплуатации инструментария решения нестандартных задач при реализации проектов в России и за рубежом позволяет говорить о ТРИЗ как важной компоненте будущей праксеологии. **Методы.** Теоретико-технологический и эвристический базис «большой» ТРИЗ как «общей теории сильного мышления» возник и развивается во взаимообогащении с теорией развития творческой личности и функционально-стоимостного анализа систем, кибернетикой и синергетикой. Осмыслена методология отечественной педагогики по формированию гармонично развитой личности, выполнен обзор публикаций по наработкам ТРИЗ-педагогики, касающихся путей и средств формирования надпрофессиональных навыков будущих инженеров в процессе их профессионального образования, самообразования и инженерной деятельности. **Результаты.** При анализе источников прогнозной информации выявлены тренды появления новых профессий и требования к навыкам будущих инженеров. Установлена актуальность формирования у них системного мышления и умений решать нестандартные задачи. Уточнена система надпрофессиональных навыков, критически необходимых для всех профессий будущего. Подтверждено, что системный инструментарий «большой» ТРИЗ способен полностью обеспечить научно-технологическую основу формирования этих навыков у будущих специалистов в процессе их профессионального образования, самообразования и профессионального становления.

Ключевые слова: модели инженерии будущего; инженерное образование и самообразование; нестандартные задачи; надпрофессиональные навыки; инструментарий теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) как общей теории сильного мышления (ОТСМ), функционально-стоимостного анализа систем (ФСА), теория развития творческой личности (ТРТА).

Введение

Научно-технический прогресс кардинально поменял характер мира современных профессий. Ещё 50 лет назад об этом одним из первых написал в своей знаменитой книге Э. Тоффлер [1]. В 2009 г. Cisco, Intel и Microsoft объединили свои усилия с Мельбурнским университетом и правительствами Австралии, Коста-Рики, Нидерландов, Син-

гапура, США и Финляндии для определения ключевых навыков, нужным их сотрудникам сейчас и в будущем. Размышляя об этом, руководитель проекта АТС21S П. Гриффин отмечает, что если таковыми в индустриальную эру, были чтение, письмо и арифметика, то в XXI веке акценты сместились в сторону критического мышления, способностей взаимодействия, коммуникации и творческого подхода

к делу [2]. Один из создателей теории струн, популяризатор достижений нейробиологии и физики – Мичио Каку считает, что в ближайшие десятилетия люди научатся форсировать свой интеллект при помощи генной терапии, лекарств и магнитных приборов. Изменится характер работы и общения людей в социальных сетях, процесс обучения и в целом человеческое развитие. Однако возникают непростые вопросы о готовности человеческого разума к будущему [3].

С 2010 г. на основе анализа мнений экспертов, методики «Skills Technology Foresight», а также исследований трендов динамики мировых рынков труда АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (АСИ) ведет важную работу по подготовке атласов новых профессий [4, 5]. Даже поверхностный анализ содержания этих атласов свидетельствует о выраженной тенденции интеллектуализации большинства профессий будущего, порождающей массу проблем в жизни общества, в т. ч. в сфере профессионального образования. Учеными выявлено, что в развитых странах мира автоматизация и роботизация технологических процессов уже сегодня «выдавливает» с рынка труда массу работников со средними навыками [6]. В итоге растет занятость людей в двух зонах: простых без особых затрат интеллектуальных усилий и, соответственно, низкооплачиваемых работ (1) и, наоборот, сложных и требующих нестандартного мышления (2). Между этими зонами – в сфере рутинного ручного или интеллектуального труда, который до последнего времени ещё неплохо оплачивался, занятость снижается. В промышленности, сфере услуг и в экономике знаний появляются два полюса: массовой стандартизированной продукции и сервисов (с упором на автоматизированные решения) и кастомизированных товаров и услуг (с акцентом на коммуникацию и решение нестандартных задач) [5, с. 448]. Все это вызывает необходимость кардинальных изменений профессиональной подготовки специалистов в сфере инженерного образования. По всему миру идет активный поиск фундаментальной научной базы будущего инженерного дела и эффективных технологий обучения инженеров будущего. При этом сегодня в мире повсеместно существует нехватка инженеров. Даже в благополучной Дании к наступившему 2020 г. прогнозировалась нехватка 14 тыс. инженеров, не говоря о странах Африки, где

дефицит инженеров и техников превышает 2,5 млн человек! По данным ЮНЕСКО, популярность инженерного дела среди молодежи падает, а численность студентов на технических специальностях снижается. Падение популярности инженерии объясняется тяжелым и достаточно скучным характером труда, который ещё плохо оплачивается [7, с. 395]. Исследователи отмечают, что для инженерных отраслей сегодня актуальной проблемой является известный «skill gap» – разрыв между ожиданиями работодателей и имеющимися на рынке труда компетенциями выпускников профессиональных учебных заведений [8, 9]. На преодоление этого разрыва, идущего от противоречий между теорией и практикой инженерного образования, нацелена международная инициатива CDIO [10, 11].

Масса публикаций свидетельствует о том, что при решении этих проблем значительную роль могут сыграть наработки по ТРИЗ. Авторы работы «Инженерная онтология» отмечают, что сегодня знание ТРИЗ является одним из базовых формальных требований к образованию инженера. Оно способствует овладению «системным диалектическим мышлением» и «пониманию особенностей технологической и социальной эволюции» [12, с. 26]. Исследователи отмечают, что ТРИЗ обладает самым мощным инструментарием работы на начальном этапе инженерного дела [13, 14]. Однако в академической среде Запада пока неизвестен общий масштаб наработок, сделанных в рамках ТРИЗ-движения в нашей стране. Причины этого: 1) «заикленность» ученых Запада на собственных идеях и концепциях; 2) всем известное «замалчивание» серьезных достижений «русских»; 3) опубликование большинства работ по ТРИЗ (их депонирование в «Фонде материалов по ТРИЗ» ЧОУНБ, г. Челябинск) преимущественно на русском языке. Поэтому целью нашего исследования стала оценка пригодности инструментария наработок по «большой» ТРИЗ (ТРИЗ-ОТСМ) с позиций надпрофессиональных навыков, которые уже сегодня настойчиво диктуются современным, но ещё в большей степени – будущим рынком инженерного труда.

Методологическая основа исследования

В работе предпринята попытка анализа наработок по «большой» ТРИЗ. Под словом «большая» понимается бурно растущий комплекс наработок, включающий не только

классическую («железную») ТРИЗ, но и её «продвинутые» формы, названные самим Г.С. Альтшуллером термином «общая теория сильного мышления» (ТРИЗ-ОТСМ). В этом комплексе неразличимы границы современной ТРИЗ, функционально-стоимостного анализа (ФСА) систем, теории развития творческой личности (ТРТЛ), наработок по закономерностям развития коллективов (в т. ч. научно-инновационных), развитию творческого воображения (РТВ), эволюции художественных систем и многое другое [15–19]. Ещё в 1990 г. Г.С. Альтшуллер отметил: «ТРИЗ изменяется качественно. Она родилась и до сегодняшнего дня держится на решении технических задач, но на сегодня это уже пройденный этап. Основным интересом должна быть гуманитарная составляющая» [20, с. 5].

Хорошо известно мнение мастера ТРИЗ, к.и.н А.В. Лимаренко из Владивостока, что «ТРИЗ оказалась крупна в методологической кости». Полемицируя с В.А. Королевым (г. Киев) – разработчиком ТРИЗ и создателем «Энциклопедии ТРИЗ», лишь по поводу центрального инструмента теории – алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ), он написал в конце 90-х гг., что в «недалеком будущем АРИЗ превратится в науку – ветвь социальной кибернетики на стыке системологии и синергетики». Далее он образно завершает свою мысль: «Логизация АРИЗа есть его всесторонняя интенсификация как решательного инструмента. Грустно, что первым на него встали не философы, как подобает разведоте в науке, а инженеры» [21]. Это феномен касается не только развития ТРИЗ. В конце 70-х гг. Г.П. Шедровицкий, давая характеристику «напряжениям» современной социокультурной ситуации, писал о кризисе классической философии и утрате ею роли координатора наук, роли посредника, переносящего методы и средства из одних наук в другие [22, с. 67]. Обосновывая важность «системного движения» и освоения системно-мыследеятельностной (СМД) методологии, он писал о важности становления наук нового типа, которые можно было бы назвать «комплексными науками». Сегодня такой наукой, о которой мечтал Шедровицкий, является, на наш взгляд, современная ТРИЗ-ОТСМ (напомним, что аббревиатура предложена создателем ТРИЗ в 1986 г. в его интервью редакции журнала «Книга и искусство в СССР», предназначенного иностранным издателям).

Возникновение ТРИЗ-ОТСМ (как и СМД-методологии) в нашей стране – закономерный итог ориентации отечественного образования на формирование гармонично развитого человека. В СССР проблеме формирования целостного человека уделялось огромное значение. Благодаря подвижничеству А.В. Луначарского, Н.К. Крупской, П.П. Блонского, П.Ф. Каптерева, С.Т. Шацкого, А.С. Макаренко и др. в 1920–1930-е гг. были сохранены и с учетом новых реалий развиты уникальные заделы, начатые «отцами» отечественной педагогики (Н.И. Пироговым, К.Д. Ушинским и др.). Уместно вспомнить усилия, предпринятые в 1915–1916 гг. графом П.Н. Игнатьевым на посту министра народного просвещения страны по признанию трудового принципа в обучении как воспитательного средства [23]. Нельзя игнорировать труды мыслителей, волею судеб оказавшихся за пределами родины (С.И. Гессена, В.В. Зеньковского, С.Л. Франка и др.) [24]. На базе работ научной школы В.М. Бехтерева исследования С.Л. Рубинштейна, К.А. Абульхановой, А.В. Брушлинского и др. привели в 1950-е гг. к новому направлению – «психологии личности». С 1960-х гг. в СССР велись комплексные исследования человека школами Б.Г. Ананьева, В.С. Мерлина и Б.М. Теплова. В постсоветский период даже случился «антропологический поворот» – с 1991 года по 2004 год функционировал Институт человека РАН. После его упразднения сегодня работает лишь сектор методологии междисциплинарных исследований человека в ИФ РАН [25].

В педагогике с 1980-х годов антропологами выступали В.М. Бим-Бад, В.П. Зинченко, Е.И. Исаев, В.И. Слободчиков, В.С. Шубинский, Б.А. Федулов, М.П. Барболин и др. [26]. И сегодня интерес ученых в данном направлении не ослабел. Лишь в лоне философии с начала наступившего века в стране опубликовано немало монографий, а также статей, напрямую посвящённых целостности человека [27].

С 1970–1980-х гг. формируется ТРИЗ-педагогика (В.Г. Березина, В.А. Бухвалов, И.Л. Викентьев, Б.Л. Злотин и А.В. Зусман, А.А. и С.И. Гины, Г.И. Иванов, И.Н. Мурашкова, А.А. Нестеренко, Г.В. Терехова, В.И. Тимохов, Ю.П. Саламатов, М.Н. и З.Г. Шустерманы и др.) [28–30]. Она получило мощный импульс и новые ориентиры после появления работ по теории развития творческой личности (ТРТЛ) [31], в рамках которой были сфор-

мулированы системы качеств творческой личности (ТЛ), её Достойной Цели (ДЦ ТЛ) и предложена оригинальная модель деловой игры «Жизненная стратегия творческой личности» (ЖСТЛ), составленная на основе анализа более 1000 биографий выдающихся людей всех времен и народов. Таким образом, за 60 с лишним лет развития в «большой» ТРИЗ был наработан трансдисциплинарный инструментарий, основа которого – система общих законов формирования, функционирования и развития систем любой природы. Поэтому ученые различных научных направлений и школ (от квалитологии до педагогики и психологии) сегодня используют для характеристики ТРИЗ как наиболее адекватные, по их мнению, термины: «методология», «методологическая основа», методологический подход» и т. п. [32, 33].

Эпоха Big Data, подарив человечеству массу информационных благ, резко ускорила рост информационной неопределенности в мире. Однако известно, что избыточность информации порождает утрату ориентиров человека. По мысли А.Н. Леонтьева, высказанной ещё в 1965 г., «избыток информации ведет к оскудению души». Современный человек становится все более «расщепленным» [34]. В итоге под угрозу попало его целеполагание, а вслед за этим и смысл жизни. Не случайно ещё в середине 1990-х гг. появилась концепция «тройного опережения» [35], предусматривающая опережение качеством научного знания в образовании (эдукологии) живого знания, транслируемого в вузах (педагогам педагогов), а далее – в колледжах, лицеях, школах (педагогами обучающимся). Речь идет о ступенчатом снижении «подпора» потока знаний от науки к сфере передачи-освоения знаний в системе образования. Реализация «тройного опережения» вызывает необходимость генерирования системы адекватных моделей для эдукологии, изучающей, по В.А. Извозчикову, комплекс упорядоченного и стихийно циркулирующего в инфосфере Земли знания о мировых и региональных, индивидуально-эмпирических образовательных процессах и системах, выступающий как информационный фонд Земли-Космоса [36]. Именно поэтому нами предприняты усилия по разработке системы моделей и технологий творчества, ориентированных на «сборку» целостного человека в профессиональном образовании, в том числе инженерном [37–40].

Известно, что любая профессия предполагает управление какими-либо процессами и объектами. При этом важно помнить о законе необходимого разнообразия, доказанном ещё У.Р. Эшби [41] и состоящему в том, что разнообразие управляющей системы должно быть не меньше разнообразия управляемого объекта. Ранее К. Шенноном были также сделаны выводы о том, что пропускная способность канала связи должна быть не меньше разнообразия сигнала, идущего по нему. Отсюда логично следует вывод о серьезных изменениях в системе образования. В профессиональной педагогике надо использовать новые концептуальные модели и интеллектуальные технологии, ориентированные на формирование целостного и системно мыслящего человека.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ новых профессий (в атласе [5] их более 340) вызывает необходимость осмысления готовности науки, профессионального образования и работодателей к вызовам будущего. Плохо, что при подготовке атласа профессий 2020 г. [5] исчезли важные для читателей сведения об отечественных образовательных учреждениях, где можно получить базовое образование по ним, а также сведения о работодателях. Все это, кстати, присутствовало в атласе 2014 г. [4]. В атласах дана система надпрофессиональных навыков, включающая навыки: 1) системного мышления (СМ); 2) межотраслевой коммуникации (МОК); 3) управления проектами (УП); 4) бережливого производства (БП); 5) работы с искусственным интеллектом (ИИ); 6) управления вниманием (УВ) – клиентоориентированности; 7) мультикультурности (МК); 8) работы с людьми (РЛ); 9) работы в режиме высокой неопределенности (ВН); 10) способности к творчеству (СТ); 11) экологического мышления (ЭМ) [5, с. 28]. Помимо перечисленных навыков разработчиками атласов отмечена важность критического мышления, осознанности (рефлексивности) и эмоционального интеллекта.

Нами проведен анализ частоты появления перечисленных навыков в массиве из 342 профессий, сгруппированных по 27 направлениям атласа [5]. Результаты анализа приведены в табл. 1. При этом даже поверхностный взгляд на множество описаний перспективных профессий позволяет сделать вывод о «стирании границ» между ними.

Трудно представить себе будущего инженера – разработчика киберпротезов и им-

плантов, лишь поверхностно знающего физиологию человека (или животных). Ясно, что для будущего тканевого инженера, как профессионала, подбирающего материалы и разрабатывающего техпроцессы формирования конкретной ткани (или органа), крайне нужна тесная (гармоничная) работа с хирургом-трансплантологом. При этом трудно обойтись без психологической совместимости этих людей. Нет сомнений, что у будущего таргетного нанотехнолога, как разработчика адресных способов доставки лекарственных средств, прицельно попадающих именно в клетки, например, раковых опухолей, должно быть сформировано многомерное, системное мышление, чтобы свести к минимуму «выстрелы мимо» – в здоровые органы человека.

В советское время «инженерами человеческих душ» образно называли писателей, подчеркивая творческое начало этой нелегкой профессии. Сегодня инженерный компонент виден в описаниях многих профессий будущего [4, 5], «завязанных» на сферы многоканального воздействия на человека. Предполагается, например, что архитектор виртуальности будет способен проектировать решения, позволяющие работать, учиться и отдыхать в виртуальной реальности. Он должен уметь разрабатывать софты и оборудование с учетом биопсихологии пользователей, в т. ч. под индивидуальный заказ.

Будущий дизайнер эмоций, согласно альбому [5], должен создавать эмоциональный фон у человека с использованием новых каналов доставки информации, в т. ч. и напрямую в мозг потребителя. А будущий продюсер смыслового поля должен уметь даже формировать общую картину мира, в соответствии с которой будут строиться подвластные ему медиапоток (прототипы подобных ролей можно найти у героев – «культурных сомелье», описанных в романе Виктора Пелевина «S.N.U.F.F.»).

Частотный анализ данных, результаты которого приведены в табл. 1, позволил выявить группу из трех навыков, доминирующих в целом по всем направлениям рассмотренного массива новых профессий. Это навыки: системного мышления (73 %), работы с искусственным интеллектом (57 %) и межотраслевой коммуникации (55 %).

Рассмотрим подробнее выделенные навыки с позиций использования для их формирования в процессах инженерной подготовки

(а также самообразования и практической деятельности) наработок по ТРИЗ+ФСА, ТРТА, закономерностям развития коллективов, развитию творческого воображения (РТВ), регистру научно-фантастических идей и концепций (РНФИ).

Системное мышление

Оно рассматривается рядом исследователей как верхняя ступень диалектического мышления, находящаяся над технологическим и методологическим. Выше его по размерности следует лишь триалектическое и сложное (фрактальное) мышление [12, с. 14, 21–27]. Последнее дает понимание единства трех «планов»: материального, информационного и связывающего их социального. Практически все зарубежные исследователи называют системное мышление основой мышления будущих специалистов [42, 43]. Многими отечественными учеными и экспертами, в том числе в области принятия решений (Л. Андриухина, С. Вербин, И. Дубина, А. Левенчук и др.), наработки по современной ТРИЗ рассматриваются в качестве надежных инструментов формирования системного мышления [44–47].

Мощным инструментом формирования системного мышления является схема талантливости (многоэкранного мышления) [15, с. 67–68]. Для объяснения феномена сильного мышления Альтшуллер обычно использовал не только 9, но и даже 18 «экранов», переходя от систем к антисистемам [48, с. 6]. На основе данной схемы нами была разработана трехмерная модель классификации задачных систем [39, с. 1610].

Межотраслевая коммуникация

Множество перспективных проектов уже сегодня реализуется на стыке разных дисциплин. Будущие инженеры должны ориентироваться одновременно в нескольких областях знаний, осуществляя их трансфер. Европейский лидер в системном развитии трансфера знаний – Великобритания, где с 1980-х гг. в университетах стали создаваться «партнерства по трансферу знаний» с внешними предприятиями и организациями [47, с. 68].

Однако в рамках ТРИЗ-движения к мысли о трансфере знаний пришли гораздо раньше. В 1970-х гг. Альтшуллер описал, как четверо слушателей общественного института технического творчества (трое студентов и молодой

Таблица 1. Частота указания значимости различных надпрофессиональных навыков для разных новых профессий по альбому [5], %

Table 1. The frequency of indicating the significance of various supraprofessional skills for various new professions by album [5],%

Профессии по направлениям Professions by directions	Буквенные аббревиатуры навыков / Skill letter abbreviations										
	СМ	МОК	УП	БП	ИИ	УВ	МК	РА	ВН	СТ	ЭМ
В целом по всем 342 новым профессиям In total, for all 342 new professions:	73	55	53	23	57	47	43	43	21	23	34
– в том числе / including:											
электроэнергетики / electric power industry (15)*	87	60	60	67	60	47	47	20	7	7	53
экологии / ecology (15)	67	80	60	20	33	40	27	67	20	7	100
промышленности / industry (13)	54	62	38	31	85	15	8	31	31	15	46
пищевой промышленности / food industry (13)	69	31	31	31	31	54	31	31	8	23	69
строительству / construction (12)	92	75	83	58	50	50	0	25	8	33	75
сельского хозяйства / agriculture (8)	75	50	50	25	63	50	37	25	25	0	88
медицины / medicine (19)	89	37	47	11	58	63	68	37	16	5	21
биотехнологий / biotechnology (8)	100	87	63	50	50	25	63	12	25	12	87
сферы транспорта / transport:											
– наземного / ground (12)	75	58	75	75	75	17	42	17	50	0	50
– водного / water (10)	70	70	50	20	90	20	40	0	40	10	50
– в авиации / in aviation (11)	82	27	82	54	91	18	36	0	18	9	27
космоса / space (14)	86	57	50	36	78	21	78	36	28	7	36
добычи и переработки полезных ископаемых extraction and processing mineral (11)	54	54	64	45	64	9	27	27	45	0	36
металлургии / metallurgy (9)	78	78	33	33	44	11	44	22	11	0	66
сферы новых материалов и нанотехнологий areas of new materials and nanotechnology (11)	91	82	64	36	54	27	64	18	27	27	27
ИТ-сектора / IT Sectors (21)	81	33	38	0	100	48	24	43	33	24	9
робототехники / robotics (9)	100	67	67	0	100	33	11	44	11	33	0
нейронета / neuronet (6)	67	100	67	17	67	67		67	17	0	17
сферы медиа и развлечений media and entertainment (16)	68	50	25	0	56	63	37	75	31	56	6
сферы туризма и гостеприимства tourism and hospitality (12)	42	25	33	0	50	92	58	67	8	67	8
индустрии моды / fashion industry (11)	27	45	27	18	64	64	0	27	9	36	54
менеджмента / management (25)	72	60	52	12	12	76	68	88	16	40	12
образования / education (16)	94	81	75	6	19	56	56	81	6	50	12
сектора финансов / finance sector (12)	83	25	75	0	58	67	50	25	0	17	8
сферы безопасности / security areas (7)	86	14	43	0	86	57	14	57	57	14	0
сфере культуры и искусства the field of culture and art (11)	36	64	45	0	45	64	64	54	9	73	0
социальной сферы / social sphere (15)	40	47	47	7	33	67	73	87	20	13	20

* В скобках указано количество описаний новых профессий по данному направлению.

* The number of descriptions of new professions in this area is indicated in brackets

инженер) взяли для дипломной работы сложнейшую задачу из области аэронавигации, над которой работали исследователи ряда стран. Расчет строился на том, что сильное решение должно оказаться за пределами идей и принципов навигационного приборостроения. Так

и получилось. Нужный принцип нашелся в далекой от авиации области аналитических измерений – в кондитерской технике (!) Изобретение получило положительную оценку специалистов, на него было выдано авторское свидетельство [15, с.18]. Одно из глав-

ных препятствий на пути трансфера знаний – специальная терминология, наработанная существующими науками. Поэтому при становлении ТРИЗ остро встала проблема преодоления спецтерминологии [15, с. 155]. Для этого Альтшуллером предложен инструмент постижения смыслов, получивший название «терминологическая цепочка». Он пригоден для выхода на понимание сущности любых систем:

спецтермин (+) ↔ общенаучный термин ↔
 ↔ функциональный термин ↔
 ↔ «детский» термин ↔
 ↔ универсальный термин (–)

На одном полюсе (+) данной цепочки находится частный (конкретный) спецтермин, а на другом полюсе (–) – обобщенный (абстрактный) универсальный термин. В центре цепочки человеку (решателю задачи) приходится выявлять нужное слово, отражающее функцию исследуемого объекта. Это нелегко, ведь категория «функция» в философском смысле выводит на категории «сущность», «содержание», отражающие сокрытое. Однако при этом у решателя происходит концентрация внимания на глубинном смысле задачи. Помощь часто приходит из соседнего – «детского» термина. Справедливость изречения «Устами младенца глаголет истина» состоит в том, что дети исходно свободны от «терминологических шумов», а их мышление – функционально [40].

С середины 80-х гг. в ТРИЗ началась разработка функционально-ориентированного информационного поиска [49, 50], который позже начал интенсивно использоваться в практике выполнения консультационных проектов фирмой GEN3 Partners и её партнера – компании «Алгоритм» [51]. Это метод поиска информации, при котором область поиска выбирается на основе сходства функций улучшаемой системы и систем в других областях. Цель поиска – выявление наиболее эффективных решений реализации данной функции, которые могут быть использованы для устранения ключевых недостатков технической системы. Сегодня особенно нужны «знания о знаниях» – знания о том, где брать подходящие для предпринимательских дел новшества, как лучше переносить их рационально из одной области деятельности людей в другую [52].

Управление проектами

Значимость проектной деятельности для человечества огромна. По данным «СОВ-НЕТ», 40 % общественно-полезной деятельности реализуется через проекты, на них идет 25 % мирового бюджета. России нужны сотни тысяч специалистов по управлению проектами. В Ассоциации управления проектами США (PMI) работает до 100 тыс. профессионалов, а у нас в стране таковых около 500 человек [53].

Сама инициатива CDIO исходит из принципа, что создание и развитие продуктов и систем на протяжении всего их жизненного цикла создают необходимый контекст инженерного образования [11]. Проектная последовательность напрямую выступает в CDIO моделью всего жизненного цикла изделия. На стадии «Задумка» (Conceive) идет определение обучающимися потребностей рынка; учет применяемых на предприятии технологий, стратегии развития; нормативных требований, делаются концептуально-технические и бизнес-планы. На стадии «Проектируй» (Design) составляются планы, схемы, чертежи, алгоритмы производства изделия или системы, подлежащей производству. На стадии «Реализуй» (Implement) изделие производится, проверяется, апробируется и сертифицируется. На завершающей стадии «Управляй» (Operate) произведенный продукт эксплуатируется по назначению, осуществляется его техническая поддержка и обслуживание, затем изделие изымается из эксплуатации и утилизируется.

В любой деятельности по изменению систем есть два подхода: структурно-функциональный и функционально-структурный. Первый связан с изменением существующих систем (от модернизации до коренного перепроектирования – реинжиниринга), а второй – проектированием и созданием систем «с нуля» – от новой идеи. Второй путь в высшей степени связан с нестандартными задачами. Многие проекты в ТРИЗ базируются на выявлении посыла: «Какие потребности надо удовлетворить?». За этим скрывается выявление скрытой сущности – функций, затем принципов действия и только потом – облика конструкции, технологии её изготовления, а далее – ресурсов, необходимых для воплощения их в реальности [54]. Качество проектных разработок надо оценивать. Для этого можно использовать методы верификации, а также

фальсификации. В современном инструментарии ТРИЗ целям верификации служит анализ проектируемых систем на соответствие общим законам организации, функционирования и развития систем [15]. Добротным инструментом проверки качества проектов в ТРИЗ также служит аппарат диверсионного анализа. Он позволяет осуществить проверку на истинность и ложность задач, появившиеся в ходе реализации проектов.

Бережливое производство

Потеря системной компетенции инженеров привела к необходимости в интегрирующей дисциплине, позволяющей выстраивать связи между требованиями заказчика, технологическими возможностями и наличными ресурсами. Нечеткость или, напротив, излишняя детализация требований ведет к запаздыванию инженерных решений и порой – к переделке готового. Перед инженерами встают задачи: 1) учета при проектировании не только самой системы, но и среды, куда эта система вписана (причем в сценарном развитии); 2) анализа полного жизненного цикла системы с учетом расходных материалов, отходов и других обременений; 3) проектирования системы так, чтобы иметь возможность учесть новые требования заказчика уже после начала работы, а часто и после окончания; 4) экономить время и финансовые ресурсы, что означает сведение к минимуму возможных переделок [12, с. 102].

Главный ориентир при решении задач в ТРИЗ-ОТСМ – идеальный конечный результат (ИКР) [15, с. 48; 16, с. 41]. Идеальна та система, которой нет, но её полезные функции выполняются. «Ядро» общности ТРИЗ-ОТСМ и ФСА отражает показатель идеальности в виде дроби, в числителе которой находится совокупность полезных функций системы, а в знаменателе – совокупность затрат на их реализацию. Цели бережливого производства (lean production) и ТРИЗ совпадают – это снижение потерь и совершенствование производства. Постепенно постигая ТРИЗ, ряд исследователей Запада и Востока «примеривают» возможности её инструментов применительно к разработке новых продуктов и их дизайну [55]. Не случайно в 2002 г. Samsung Advanced Institute of Technology отметил работу Мастера ТРИЗ Н.А. Шпаковского в корпорации Samsung значимой корпоративной наградой. Был указан немалый размер эконо-

мии в корпорации – 120 млрд южнокорейских вон – эквивалент 91,2 млн долл. США (!) [56]. Имеется позитивный опыт использования TRIZ Plus в многомиллионном проекте Lean в Kawasaki Steel Group (Япония), где на разных этапах Lean ряд инструментов TRIZ Plus дал впечатляющие результаты, включая упрощение процесса, значительное снижение затрат, повышение надежности и безопасности [57]. Преимущества бережливого производства и ТРИЗ состоят в их практичности и инструментальности. Однако если методы бережливого производства основаны на здравом смысле, то в ТРИЗ разработаны методы поиска, формулирования и решения задач через выявление противоречий, вепольный анализ, система стандартов и АРИЗ. Мастер ТРИЗ, к.т.н. В.Г. Сибиряков считает, что объединение методов бережливого производства по выстраиванию бизнес-процессов с ТРИЗ даст мощный импульс развитию техники и технологий [58].

Работа с искусственным интеллектом

Разработка ТРИЗ исходно ориентировалась на поиск инструментов поддержки эффективного мышления, созданию технологий направленного поиска решений [35]. С конца 80-х гг. в рамках проекта «Изобретающая машина» в Минске начались пробы соединения с методами искусственного интеллекта проверенного на практике инструментария ТРИЗ путем создания программных продуктов класса компьютерной поддержки мышления («computer aided thinking»). Лозунгом проекта стала высказанная К. Малевичем в далеком 1919 г. мысль о «признании за всеми способности изобретений», а его сверхзадачей – «демократизация творчества» [59]. Пионером продвижения ТРИЗ за пределами СНГ стала созданная компанией «Научно-Исследовательская Лаборатория Изобретающих Машин» (НИЛИМ) в 1991 г. компания Invention Machine Corporation (IM Corp) в Нью-Йорке (США). IM Corp предлагала программный продукт «Изобретающая машина», разрабатываемый усилиями программистов и минской школы ТРИЗ под руководством Н.Н. Хоменко. Открытие IM Corp было продиктовано не столько попыткой расширить рынок продаж, сколько обстоятельствами распада СССР и деградации промышленности на территории СНГ [60]. Хорошо, что параллельно с продуктами IM Corp предлагала консалтинговые услуги (за них отвечал отдел, созданный на

базе «ленинградской» школы ТРИЗ), ведь обнаружилось, что успешно работать ими могут лишь пользователи, знакомые с основами ТРИЗ (компании в США, увы, не привыкли тратить длительное время на обучение работе с программными продуктами). Невзирая на трудности старта IM Corp за первые годы существования приобрела известных клиентов (Caterpillar, Eastman Kodak, Ford Motor Company, Motorola, Procter&Gamble, Xerox), а в 1999 г. журнал Fortune включил её в список 12 наиболее инновационных компаний США. В США продукт «Invention Machine» трансформировался сначала в «TechOptimizer», затем в «Goldfire Innovation» и, наконец, в «IHS Goldfire™» (в 2012 г. IM Corp была приобретена компанией IHS Markit – одним из мировых лидеров в области аналитики технической информации).

Одновременно с IM Corp члены ранее «кишиневской» школы ТРИЗ (под руководством Б. Злотина, А. Зусман) в 1992 г. основали в США компанию Ideation International Inc., предлагающую программный продукт и консалтинговые услуги. В компании есть методология «Ideation/TRIZ (I-TRIZ)» и линейка продуктов «TRIZSoft™», включающих подсистемы: решения проблем «Innovation Workbench™», прогнозирования «Directed Evolution», предварительного анализа будущих проблем «Anticipatory Failure Determination» и др. Клиенты компании: BP Amoco, Boeing, Ford Motor Company, NASA, Xerox и др. Таким образом, наработки по ТРИЗ активно реализуются в сфере высоких технологий. Показательно, что в 1993–1998 гг. был создан совместный проект Университета Твенте (Нидерланды) и НИЛИМ по развитию фундаментальной платформы «Изобретающей машины» с привлечение самых современных на то время средств искусственного интеллекта (координатором проекта стал В. Сушков [60, с. 4]).

Управления вниманием

Ещё при анализе У. Беннисом и Б. Нанусом судеб ярких американских лидеров в качестве одного из ведущих их качеств была выявлена способность управлять вниманием других людей [61]. Сегодня все большее число компаний мира развивают у сотрудников умение слушать и слышать друг друга. С легкой руки Ф. Райхельда индексы потребительской лояльности NPS (Net Promoter Score), измеряющие работу различных подразделе-

ний (в первую очередь обслуживающих), становятся распространенной практикой [62]. Важным делом стало правильное, с опорой на эмоциональный интеллект, взаимодействие с внутренними или внешними клиентами (клиентоориентированность). Авторы «Инженерной онтологии» прямо отмечают, что «инженеры должны уметь отделять возможное от невозможного и важное от неважного». Они пишут, что если «во времена Г. Альтшуллера «ключом» к деятельности инженера-изобретателя была картотека, которая создавалась всю жизнь», то сегодня «картотека уже сделана – и находится в мировой Сети» [12, с. 86].

Мультикультурность

Сегодня одним из главных трендов международного бизнеса является его разнообразие (diversity). При взгляде на проблему с разных позиций вероятность нахождения нетривиальных решений растет. Это требует открытости ума, умения слышать альтернативные идеи. Так как лучшие идеи могут родиться в разных уголках мира, в бизнес-команды следует брать представителей разных стран и культур. Важно умение находить язык с другими людьми, принимать их и использовать их возможности для решения задач. В персоне Альтшуллера как создателя ТРИЗ-ОТСМ и его литературном псевдониме (Г. Альтов) «сошлось» культурное многообразие мира.

Достаточно упомянуть его работу по созданию Регистра научно-фантастических идей (РНФИ), которой он занимался с 1964 года до конца своей земной жизни в 1998 году. В Регистре 11 классов (Космос, Земля; Человек; Общество; Кибернетика; Инопланетные разумные существа; Фантастические животные и растения; Время и пространство; Фантастические исходные ситуации; Научно-технические идеи; Экология), а далее идут: подклассы, группы, подгруппы. Его объем огромен: на начало 1980-х гг. он содержал до 1000 машинописных страниц. Работа над Регистром продолжается. На вопрос о его назначении Альтшуллер отвечал: «Ищем мы законы развития интеллектуальных, развивающихся систем». В предисловии к РНФИ фантаст П. Амнуэль написал: «С классификации предмета исследований начинается, как известно, любая новая наука. Без линнеевской классификации животного мира не было бы современной биологии. Без хаббловской классификации галактик не было бы совре-

менной внегалактической астрономии. Без альтшуллеровской классификации изобретений не было бы современной ТРИЗ. А без Регистра не могла возникнуть наука, у которой и до сих пор нет всеми признанного названия – наука о фантазировании» [63].

Рассматривая проблемы распространения ТРИЗ, исследователи пришли к выводу о том, что она «не теория, а учение об организации творчески продуктивного мышления, иными словами, эвристика, доктрина изобретательства». У неё нет «определяющей роли числа» (1), она холистична (2), а гносеология ТРИЗ сближает её с восточными диалектическими философскими системами (3) [64]. Поэтому ТРИЗ-ОТСМ отвечает всем ключевым направлениям интеллектуализации образования через его фундаментализацию; ноосферизацию, гуманизацию и креатизацию; использование культуры; информатизацию и соединение образовательного и исследовательского процессов [65, с. 93].

Работа с людьми

Сегодня многие процессы становятся столь сложными, что без работы в команде уже нельзя их успешно реализовать. Современными компаниями взят курс на развитие навыков работы в команде. С 60–70-х гг. ушедшего века заметен повсеместный интерес к исследованию групповой динамики и лидерства [61, 66]. В 70–80-е гг. в ТРИЗ выполнен анализ проблем возникающих в различных коллективах (включая научные) и выявлены специфические закономерности их развития. Они учитывают особенности развития нашей страны, отражая при этом общие закономерности жизненных циклов организаций [67]. На их базе можно прогнозировать жизнь коллективов, управлять процессами их развития, не допуская возникновения застоя и других негативных явлений [16, с. 255–264; 68]. Эти достижения ТРИЗ отмечены в известной работе А.И. Пригожина [69]. Исследования в направлении теории развития творческой личности (ТРТЛ) и закономерностей развития коллективов продолжаются [70–72].

Работа в режиме высокой неопределенности

Для характеристики существующего и будущего состояния современной бизнес-среды в последнее время часто используется акроним VUCA (от англ. volatility, uncertainty,

complexity, ambiguity – нестабильность, неопределенность, сложность, неоднозначность) [73]. Одними из первых эти ситуационные факторы получили отражение в работе У. Бенниса и Б. Нануса [61]. Пониманием перспектив работы в таком режиме проникнуто создание профессионального стандарта «Управление (руководство) организацией» [74]. В этом стандарте при регламентации характера деятельности руководителей высшего – 7 уровня (генеральных директоров, директоров, управляющих, управляющих директоров, исполнительных директоров, руководителей организаций) прямо указано на инструменты ТРИЗ. Аббревиатура ТРИЗ непосредственно присутствует в составе базовых терминов в п. 1.2 стандарта [74, с. 8].

В последние годы ряд работ по ТРИЗ публикуется под термином «траблшутинг» (от англ. troubleshooting – устранение неполадок, работа над проблемой). Он характеризует форму решения проблем, применяемую к ремонту неработающих устройств (процессов) и представляет собой систематический, опосредованный определённой логикой поиск источника проблемы с целью её решения [75, 76].

Способности к творчеству

Все наработки по ТРИЗ ориентированы на формирование способностей людей к творчеству: техническому, литературному, художественному, музыкальному и т. д. [15–21, 28–33, 37–40, 48, 50–52, 54, 57–60, 63–65, 68, 70–72, 75, 76].

Экологическое мышление

Исследования в ТРИЗ не прошли мимо экологических проблем (см. описанные выше наработки по Регистру НФИ). Задолго до исследований отечественных философов по проблеме искусственного человека (анатропа), для которого внешняя искусственная среда естественна [77], ещё в 1987 г. Г.С. Альтшуллером и М.С. Рубиным была написана работа-размышление о бесприродном техническом мире (БТМ) [78]. Тема важности экологического мышления творцов техники продолжает обсуждаться в рамках проводимых исследований по ТРИЗ (работы Г.И. Иванова [79], Б.Л. Злотина и А.В. Зуман по «Directed Evolution» [80] и др.).

Таким образом, осмысление выделенных в атласах профессий будущего [4, 5] совокупно-

сти надпрофессиональных навыков позволяет сделать вывод о том, что абсолютно все они могут быть сформированы в ходе профессиональной подготовки будущих специалистов техносферы на основе инструментария «большой» ТРИЗ (табл. 2).

Однако следует взглянуть на возможности ТРИЗ-ОТСМ в более широком аспекте, выйдя за пределы профессиональной подготовки людей и их будущей профессиональной деятельности (в надсистему). Все мы родом из детства, поэтому в быстроизменяющемся мире важно

Таблица 2. «Большая» ТРИЗ как база формирования надпрофессиональных навыков

Table 2. «Big» TRIZ as a base for the formation of over-professional skills

Навыки / Skills	Инструментарий ТРИЗ-ОТСМ+ФСА+ТРТЛ+РНФИ / Toolkit TRIZ-OTSM + FSA + TRTL + RNFI
Системного мышления Systems thinking	С 1986 г. ТРИЗ – «общая теория сильного мышления». «Многоэкранное мышление» (системный оператор) позволяет мыслить панорамно и в динамике (выводит нас на «хроно-топ», по А.А. Ухтомскому, М.М. Бахтину: единство времени, пространства и действия) Since 1986, TRIZ is the "general theory of strong thinking". «Multi-screen thinking» (system operator) allows you to think in a panoramic way and in dynamics (brings us to the «chronotope», according to A.A. Ukhtomsky, M.M. Bakhtin: the unity of time, space and action)
Межотраслевой коммуникации Cross-industry communication	ТРИЗ междисциплинарна, при решении задач используются методы борьбы с психоинерцией, она – основа трансфера знаний (методы функционально-ориентированного поиска – ФОП) TRIZ is interdisciplinary, when solving problems, methods of dealing with psychoinertia are used, it is the basis of knowledge transfer (methods of functionally oriented search – FOS)
Управления проектами Project management	Сегодня ТРИЗ-ОТСМ+ФСА – признанная в мире инструментальная основа системы современного инновационного проектирования Today TRIZ-OTSM + FSA is an internationally recognized instrumental basis for a system of modern innovative design
Бережливого производства Lean manufacturing	Общность ТРИЗ-ОТСМ и ФСА состоит в повышении идеальности любых систем. Цели Lean и ТРИЗ едины – снижение затрат и потерь The commonality of TRIZ-OTSM and FSA is to improve the ideality of any systems. Lean and TRIZ goals are the same - cost and waste reduction
Искусственного интеллекта Artificial intelligence	ТРИЗ+ФСА и совокупность программных продуктов на её основе («computer aided thinking») признаны достижениями в мире «high humanitarian technologies» (искусственного интеллекта) TRIZ + FSA and a set of software products based on it («computer aided thinking») are recognized as achievements in the world of «high humanitarian technologies» (artificial intelligence)
Управления вниманием Attention management	Все технологии обработки проблем и решения задач в ТРИЗ-ОТСМ и ФСА ориентированы на выделение из информации главного All technologies for processing problems and solving problems in TRIZ-OTSM and FSA are focused on separating the main
Мультикультурности Multiculturalism	Современная ТРИЗ уже охватывает все сферы общественной жизни от техники и экономики до художественного творчества и музыки Modern TRIZ already covers all spheres of social life from technology and economics to artistic creation and music
Умения работы с людьми Ability to work with people	В рамках ТРТЛ есть мощные наработки не только по становлению творческой личности, но и закономерностям развития коллективов Within the framework of TRTL, there are powerful developments not only in the formation of a creative personality, but also in the patterns of development of teams
Работы в неопределенности Works in uncertainty	ТРИЗ «заточена» на решение «неразрешимых» задач («troubleshooting»), а её инструменты рекомендуются профессиональными стандартами лицам, работающим в условиях высокой неопределенности (высшим руководителям) TRIZ is «sharpened» for solving «unsolvable» problems («troubleshooting»), and its tools are recommended by professional standards for people working in conditions of high uncertainty (top managers)
Способности творчества Creativity abilities	Цель ТРИЗ – формирование у человека творческого мышления The purpose of TRIZ is to form a person's creative thinking
Экологического мышления Environmental thinking	В ТРИЗ создана концепция «бесприродного технического мира» (БТМ) и жизни в нем TRIZ has created the concept of a «unnatural technical world» (BTM) and life in it

рассматривать жизнь человека во всей полноте. Нами разделяются взгляды доктора философии А.С. Валявского на необходимость развития у детей базисной картины мира посредством формирования «лестницы» обобщенных базисных умений: общаться (1), трудиться (2), учиться (3), думать (4), жить (5) [81, с. 24–28]. Лишь после «запуска» трех первых ступеней – умений общаться, трудиться и учиться, – родители и педагоги получают этическое право заниматься развитием интеллектуальных способностей ребенка, развитием базисного умения думать. Размышляя о непрерывном образовании (через всю жизнь) важно не забыть о колоссальной

роли компоненты самообразования и саморазвития человека, которая получает новое звучание в наш сетевой и цифровой век. Именно поэтому проблемы формирования универсальной компетентности и новой грамотности активно обсуждаются научной общественностью [82]. В большинстве публикаций в качестве универсальных навыков (soft skills) исследователями называются: общение (communication), креативность (creative thinking), критическое мышление (critical thinking) и сотрудничество (collaboration).

Среди рассмотренных наработок по ТРИЗ, надежно работающих на развитие «мягких на-

Таблица 3. Система качеств творческой личности по Альтшуллеру-Верткину
Table 3. The system of qualities of a creative person according to Altshuller-Vertkin

Качество/Quality	Комментарий/Comment
1. Наличие у человека достойной цели A person has a worthy goal	«Великая Достойная Цель – вот требование, в первую очередь предъявляемое к творческой личности. Без цели нет творчества вообще, без Великой Цели нет Большого Творчества» [31, с. 44]. Дадим изречения знаменитых людей: «Надо метить выше цели, чтобы попасть в цель» (Р.У. Эмерсон); «Я этого хочу. Значит, это будет» (Г. Форд) “The Great Worthy Goal is a requirement, first of all, for a creative person. Without a goal, there is no creativity at all, without a Great Purpose, there is no Great Creativity” [31, p. 44]. Let us give the sayings of famous people: “You have to mark above the target in order to hit the target” (R.W. Emerson); «I want it. So it will be» (G. Ford)
2. Наличие планов, их контроль Availability of plans, their control	«Итак, обязательное требование к творческой личности – это наличие системы планов: на всю жизнь, на пять лет, на год, на месяц, на день. И обязательный контроль их исполнения» [31, с. 75]. По точной мысли Антуана де Сент-Экзюпери, «Шаги превращают мечты в цели» “So, an obligatory requirement for a creative person is a system of plans: for the whole life, for five years, for a year, for a month, for a day. And the mandatory control of their implementation” [31, p. 75]. According to the exact thought of Antoine de Saint-Exu-peri, «Steps turn dreams into goals»
3. Высокая работоспособность High efficiency	Нужна высокая работоспособности в выполнении планов. Всем известны пословицы: «Без труда не вынешь и рыбку из пруда»; «Работа и труд всё перетрут» We need high efficiency in fulfilling plans. Everyone knows the proverbs: «You can't take a fish out of a pond without difficulty»; «Work and labor will grind everything»
4. Владение техникой решения задач Possession of problem solving technique	Есть изречение М.Т. Цицерона: «Если человек целый день бросает в цель копье, он когда-нибудь да попадет». «Метод проб и ошибок – злейший и ужаснейший враг человечества» [31, с. 99]. Многие великие люди вынуждено создавали свои методы решения задач для достижения целей. На основе множества этих методов и выросла ТРИЗ There is a saying of M.T. Cicero: «If a man throws a spear at the target all day, he will ever hit.» «The trial and error method is the worst and worst enemy of humanity» [31, p. 99]. Many great people have had to create their own problem solving methods to achieve their goals. TRIZ has grown on the basis of many of these methods.
5. Стрессоустойчивость Stress tolerance	Н.И. Вавилов называл лишения и тяготы, выпадавшие ему в жизни «налогом на творчество». По мысли Г.С. Альтшуллера-И.М. Верткина: «Умение «держать удар» – качество, необходимое не только творческой личности, но и её ближайшему окружению. Прежде всего – семье» [31, с. 124] N.I. Vavilov called the hardships and hardships that befell him in life «a tax on creativity.» According to G.S. Altshuller-I.M. Vertkina: “The ability to “take a punch” is a quality that is necessary not only for a creative person, but also for her immediate environment. First of all – to the family” [31, p. 124]
6. Результативность Effectiveness	«Вряд ли результативность можно назвать качеством человека. Но для творческой личности результативность обязательна» [31, с. 126] “It is unlikely that performance can be called a human quality. But for a creative person, performance is obligatory” [31, p. 126]

выков» на всех этапах становления человека, особое значение имеют наработки по ТРТА и ЖСТА [31]. В первую очередь это касается выявленной системы из шести базовых качеств творческой личности (табл. 3).

В рамках разработок ТРТА предложена модельная деловая игра «Жизненная стратегия творческой личности» (ЖСТА), реализованная в вербально-концептуальном виде (по аналогии с шахматной партией) [31]. Её ко-

Таблица 4. Критерии Достойной Цели (ДЦ) творческой личности

Table 4. Criteria worthy of the goal of a creative person

Критерий / Criterion	Комментарий / Comment
1. Новизна (+) как неизвестность Novelty (+) like unknown	Цель – нова или не достигнута (новы – средства достижения цели). Новое обществу неизвестно и о полезности судить бессмысленно The goal is new or not achieved (new are the means to achieve the goal). The new society is unknown and it is pointless to judge the usefulness
2. Общественная полезность (–) как известность Public utility (–) as fame	ДЦ должна быть общественно полезной, идущей на развитие жизни. Положительные результаты её достижения должны быть глобальными, а отрицательные (если неизбежны) – локальными DC should be socially useful, going to the development of life. The positive results of its achievement should be global, and the negative (if inevitable) – local
3. Конкретность (+) как достижимость Specificity (+) how achievable	Не благие намерения, а четко определенная задача, к решению которой можно приступать хоть сегодня Not good intentions, but a clearly defined task that can be tackled even today
4. Недостижимость (–) как неконкретность Unattainability (–) as non-specificity	Противоположность конкретности – свидетельство диалектичности системы. Каждая поставленная цель должна быть конкретна, а число надсистемных переходов – бесконечно, последней цели нет The opposite of concreteness is evidence of the dialectic nature of the system. Each goal set must be specific, and the number of supersystem transitions is infinite, there is no last goal
5. Масштаб цели (+) как социальность – все во имя людей Target scale (+) as a sociality – all in the name of people	Масштаб и значительность предполагаемых результатов характеризуют «цену», в которую человек оценивает себя: ведь на достижение цели тратится время собственной жизни The scale and significance of the expected results characterize the «price» at which a person evaluates himself: after all, the time of his own life is spent on achieving the goal
6. Еретичность (–) как асоциальность, ведь еретик идет против социума Heretical (–) as an antisocial, because a heretic goes against society	ДЦ опережает эпоху и часто воспринимается окружающими как еретичная. Степень еретичности определяет дистанцию от общепринятого уровня воззрений. Еретичность как свойство ДЦ, характеризует не её, а отношение людей к революционной идее DC is ahead of the era and is often perceived by others as heretical. The degree of hereticalness determines the distance from the generally accepted level of belief. Heresy as a property of the DC characterizes not it, but the attitude of people to the revolutionary idea
7. Отсутствие конкуренции (+) – признак непрактичности Lack of competition (+) is a sign of impracticality	Казалось бы ненужность для потребы дня. Однако оно создает условия для добротной работы – без спешки и халтуры. Ведь конкурируют всегда за что-то практичное и выгодное It would seem unnecessary for the need of the day. However, it creates conditions for good-quality work - without haste and hack-work. After all, they always compete for something practical and profitable.
8. Практичность (–) Practicality (–)	Любое продвижение к ДЦ дает конкретные результаты и выгоду Any progress towards DC gives concrete results and benefits
9. Ресурсная независимость (+) как признак личности Resource independence (+) as personality trait	Революционные цели разрабатываются в одиночку, приходится надеяться лишь на себя. ДЦ – это личная цель человека или небольшой команды. Большие коллективы появляются позже, когда разведаны основные направления поиска Revolutionary goals are developed alone, you have to rely only on yourself. DC is the personal goal of a person or a small team. Large groups appear later, when the main directions of search have been explored
10. Непосильность (–) как признак надличности Overpowering (–) as a sign transpersonalities	Цель должна заведомо превышать возможности и способности человека, берущегося за неё. Ведь достижение такой цели – это спор человека с самим собой The goal must certainly exceed the capabilities and abilities of the person who tackles it. After all, achieving such a goal is a person's dispute with himself

лосальный потенциал, включая, например, потенциал осмысления сути такой стадии как «Постэндшпиль» (жизни творческой личности после её смерти), отсутствующей в шахматной партии, лишь постепенно начинает осознаваться философской и психолого-педагогической общественностью. Проведенный анализ ТРТА в разрезе важнейшего аспекта в жизни человека – целеполагания – позволил нам прийти к выводу о том, что даже сама система качеств Достойной цели (ДЦ) в ЖСТА имеет оппозиционно-игровой (комплементарный) характер. Нетрудно видеть, что выделенные в ТРТА все десять качеств ДЦ являются противоположно-дополнительными – (+) и (–), а именно: 1–2) новизна – общественная полезность; 3–4) конкретность – недостижимость; 5–6) значительность (масштаб) цели – «еретичность» (опережение эпохи); 7–8) отсутствие конкуренции – практичность; 9–10) ресурсная независимость (личностность) – непопулярность цели для личности (табл. 4).

Безусловно, модель ЖСТА (как и любая модель) в современных изменившихся социально-экономических условиях жизни людей подвергается критике и попыткам «модификации» и «дополнения». Однако не надо забывать, что она вовсе не является «советской» в плане идеологии, хотя при выявлении типовых «ходов» формирующейся творческой личности против негативных внешних и внутренних обстоятельств Г.С. Альшутлером и И.М. Верткиным было использовано множество биографий выдающихся людей, живших в Советском Союзе. Не случайно авторы ТРТА даже подчеркнули: «Мы построили идеализированную интегральную модель, с помощью которой можно моделировать и проектировать реальные «игры» [31, с. 152]. Обладая высоким эвристическим потенциалом, модель ЖСТА в условиях современной гиперинформатизации и цифровизации общественной жизни дает современной молодежи добротную научную основу для размышлений о смысле жизни. Она

может стать базой для вечно актуальных для жизненного и профессионального самоопределения современных людей перспективных исследований по выбору траекторий жизненного пути, а также разработки различных форматов поддержки развития творческой личности в процессе её воспитания и обучения, самообразования и саморазвития.

Заключение

Появившаяся в советское время ТРИЗ, естественно, несет на себе печать историко-культурных кодов нашей страны, ведь «любые учения формируются в недрах национального культурного архетипа, который будучи «информационной сверхмашиной», одновременно служит ещё и фильтром на пути распространения чужого социального опыта» [64, с. 12].

Однако, как наука, причем точная [15], она обладает универсальным инструментарием, который позволил ей получить широкое распространение в мире. ТРИЗ не просто пригодна для формирования комплекса всех надпрофессиональных навыков, выявленных при анализе новых профессий. Посредством «встроенных» глубинных внутренних связей самосогласования-саморазвития инструментов ТРИЗ объединяет их в целостную систему. Уникальная модель ЖСТА, как надсистема, охватывает, помимо профессиональной деятельности, все другие грани бытия человека на всех фазах его жизни. Именно поэтому она представляет собой добротную основу проектирования будущей целостной системы непрерывного образования, самообразования и саморазвития целостной и гармонично развитой личности. Таким образом, теоретико-технологические наработки по ТРИЗ-ОТСМ позволяют нам выйти за пределы известных системных инициатив (типа CDIO) и заглянуть в будущее не только инженерного образования, но и воспитания и развития человека как творческой личности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Toffler A. Future Shock. – Random House, 1970. – 576 p.
2. Griffin P., McGaw B., Care E. Assessment and Teaching of 21st Century Skills: Methods and Approach (Educational Assessment in an Information Age). – Springer, 2012. – 324 p.
3. Kaku Michio. The Future of the Mind: The Scientific Quest to Understand, Enhance, and Empower the Mind. – Doubleday, 2014. – 400 p.
4. Лукша П., Лукша К., Песков Д., Коричин Д. Атлас новых профессий – М.: АСИ, Московская школа управления «Сколково», 2014. – 164 с.

5. Атлас новых профессий 3.0. / под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. – М.: Интеллектуальная Литература, 2020. – 456 с.
6. David H. Autor and David Dorn. The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market // *American Economic Review*. – 2013. – № 103 (5). – P. 1553–1597.
7. Симонянц Р.П. Проблемы инженерного образования и их решение с участием промышленности // *Наука и образование: науч. изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана*. – 2014. – № 3. – С. 394–419.
8. Chillas S., Marks A., Galloway L. Learning to labour: an evaluation of internships and employability in the ICT sector // *New Technology, Work and Employment*. – 2015. – Т. 30. – №. 1. – P. 1–15.
9. Ramadi E., Ramadi S., Nasr K. Engineering graduates' skill sets in the MENA region: a gap analysis of industry expectations and satisfaction // *European Journal of Engineering Education*. – 2016. – Т. 41. – №. 1. – P. 34–52.
10. Crawley E.F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D.R., Edström K. Rethinking engineering education. The CDIO approach. – Springer, 2007. – 311 p.
11. Перспективы развития инженерного образования: инициатива CDIO: информ.-метод. изд.; пер. с англ. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. – 29 с.
12. Никитин В., Переслегин С., Парибок А., Чудновский Ю., Переслегина Е., Луковникова Н., Васильков Д., Тариков И. Инженерная онтология. Инженерия как странствие: для формирования инженерных компетенций. – Екатеринбург: Форжект: Ажур, 2013. – 230 с.
13. Chechurin L., Borgianni Y. Understanding TRIZ through the review of top cited publications // *Computers in Industry*. – 2016. – № 82. – С. 119–134.
14. Fiorineschi L., Frillici F.S., Rotini F. Enhancing functional decomposition and morphology with TRIZ: Literature review // *Computers in Industry*. – 2018. – № 94. – С. 1–15. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука – М.: Советское радио, 1979. – 175 с.
16. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. – 381 с.
17. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Решение исследовательских задач. – Кишинев: МНТЦ Прогресс, Картя Молдовеняскэ, 1991. – 204 с.
18. Мурашковский Ю.С. Биография искусств. Т. 1. – Петрозаводск: Скандинавия, 2006. – 550 с.
19. Мурашковский Ю.С. Биография искусств. Т. 2. – Петрозаводск: Скандинавия, 2007. – 314 с.
20. Альтшуллер Г.С. Перспективы развития ТРИЗ // *Журнал ТРИЗ*. – 1990. – № 2. – С. 4–5.
21. Лимаренко А.В. Сверхзвуковой барьер АРИЗа (отклик на статью В.А. Королева «Современные тенденции развития АРИЗ» 21 сентября 1998 г., г. Владивосток). – URL: <http://triz.org.ua/works/ws97.html> (дата обращения: 12.03.2020).
22. Шедровицкий Г.П. Избранные труды – М.: Школа Культурной политики, 1995. – 800 с.
23. Лебедев П.А. Последняя попытка модернизации просвещения в Российской империи [1915–1916 гг.] // *Педагогика*. – 2006. – № 8. – С. 79–82.
24. Симоненко Т.И. Русская философия о целостности человека как проблеме образования // *Вестник МГТУ*. – 2013. – Т. 16. – № 2. – С. 378–382.
25. Логинова Н.А. Целостный человек как проблема в российской психологии // *Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология*. – 2016. – Вып. 2(26). – С. 61–70.
26. Шубинский В.С. Проблема междисциплинарного синтеза знания о человеке как педагогической цели // *Новые исследования в педагогических науках*; отв. ред. М.Н. Скаткин. – М.: Педагогика, 1990. – Вып. 1. – С. 7–10.
27. Беляев И.А. «Целостность человека» и «цельность человека»: соотношение понятий // *Вестник ОГУ*. – 2014. – № 2 (163). – С. 204–211.
28. Альтов Г. И тут появился изобретатель. – М.: Детская литература, 1984. – 126 с.
29. ин А.А. Приёмы педагогической техники. – М.: ВИТА-ПРЕСС, 1999. – 88 с.
30. Нестеренко А.А., Терехова Г.В. Современные тенденции развития ТРИЗ-образования // *Современная высшая школа: инновационный аспект*. – 2013. – № 3. – С. 4–13.
31. Альтшуллер Г.С., Верткин И.М. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности. – Минск: Беларусь, 1994. – 479 с.
32. Афанасьев А.А., Проскурин Ю.А., Афонин Г.Г. ТРИЗ – методология стандартизации как науки в области системного изобретательского мышления // *Вестник ИрГТУ*. – 2014. – № 10 (93). – С. 26–32.
33. Мурашковска И., Коке Т. Теория решения изобретательских задач как методологический подход в педагогических исследованиях // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки*. – 2014. – № 1. – С. 90–94.
34. Гуревич П.С. Проблема целостности человека. – М.: ИФ РАН, 2004. – 178 с.
35. Новое качество образования в современной России. Концептуально-программный подход / под науч. ред. Н.А. Селезневой, А.И. Субетто. – М.: ИЦПКПС, 1995. – 199 с.
36. Извозчиков В.А. Инфоноосферная эдукология. Новые информационные технологии обучения. – СПб.: РГПУ, 1991. – 120 с.
37. Лихолетов В.В. Теория и технологии интенсификации творчества в профессиональном образовании: автореф. дис ... д-ра пед. наук. – Екатеринбург: РГППУ, 2002. – 46 с.

38. Лихолетов В.В. Императив интеллектуализации и наращивания общей культуры инженерных кадров // Инженерное образование. – 2015. – Вып. 17. – С. 89–98.
39. Likholetov V., Aliukov S. Problems in Engineering Education, Engineering and Invention // International Journal of Engineering Education. – 2019. – Vol. 35. – № 6 (A). – P. 1605–1617.
40. Лихолетов В.В. От знаковых систем – к решению проблемы «сборки» целостного человека: проблема концептуального моделирования // Мир науки. Педагогика и психология. – 2019. – № 6. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/128PSMN619.pdf> (дата обращения: 12.03.2020).
41. Ashby W.R. Introduction to Cybernetics. – Chapman & Hall, 1956. – 295 p.
42. Doug Lemov, Erica Woolway, Katie Yezzi. Practice Perfect: 42 Rules for Getting Better at Getting Better. Jossey-Bass, 2012. 288 p.
43. Guru Madhavan. Applied Minds: How Engineers Think. – W.W. Norton & Company, 2016. – 272 p.
44. Андрухина Л.М. Концепции креативности в менеджменте и бизнесе как интеллектуальный ресурс опережающего образования // Научное обозрение. Реферативный журнал. – 2019. – № 2. – С. 5–14.
45. Вербин С. Наука принятия решений. – СПб.: Питер, 2002. – 160 с.
46. Дубина И.Н. Творческие решения в управлении и бизнесе. – М.: Юрайт, 2020. – 325 с.
47. Левенчук А. Системное мышление. – Бостон-Ульдинген-Киев: Проект «Баловство», Толиман, 2019. – 534 с.
48. Хоменко Н., Аштиани М.. Классическая ТРИЗ и ОТСМ как теоретическая основа инструментов для решения нестандартных проблем. URL: https://www.jlproj.org/this_bibl/KNN_ETRIA.RUS11.pdf (дата обращения 03.05.2020).
49. Грузинский А.О., Бедный А.Б. Трансфер знаний – функция инновационного университета // Высшее образование в России. – 2009. – № 9. – С. 66–71.
50. Litvin S. New TRIZ-Based Tool-Function-Oriented Search (FOS) // Proceeding of TRIZ Future Conference: Florence, 3–5 November 2004, pp. 505–509.
51. Рубан О. Убить противоречие // Эксперт. – 2007. – № 48 (589). – С. 80–85.
52. Ахтямов М.К., Лихолетов В.В. Теория решения изобретательских задач как основа трансфера в предпринимательской экономике инновационного типа // Российское предпринимательство. – 2009. – № 2. – С. 59–63.
53. Воропаев В. Управление проектами – неиспользованный ресурс в экономике России. URL: <https://hr-portal.ru/article/upravlenie-proektami-neispolzovannyy-resurs-v-ekonomike-rossii> (дата обращения 03.05.2020).
54. Лихолетов В.В., Шмаков Б.В. Теория решения изобретательских задач как инструмент проектной деятельности // Наука ЮУрГУ: мат-лы 68 науч. конф. Секция экономики, управления и права. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2016. – С. 475–483.
55. Bicheno John. The Lean Toolbox. – PICSIE Books, Buckingham, 2000. – 203 p.
56. TRIZ Work Recognized-Samsung Award. URL: <https://triz-journal.com/triz-work-recognized-samsung-award/> (дата обращения 27.05.2002).
57. Ikoenko S., Bradley J. TRIZ as a Lean Thinking Tool. URL: <https://triz-journal.com/triz-lean-thinking-tool/> (дата обращения 07.02.2005).
58. Сибиряков В.Г., Лekomшева Е.Б. ЛИН по-русски – это ТРИЗ // Business Excellence. – 2007. – № 5. – URL: <https://ria-stk.ru/ds/adetail.php?ID=8456> (дата обращения 27.05.2002).
59. Суриков В.М. Проект «Изобретающая машина»: интеллектуальная среда поддержки инженерной деятельности // Журнал ТРИЗ. – 1991. – № 2.1. – С. 17–34.
60. Сушков В. ТРИЗ в мире: история, современность, проблемы // ТРИЗ. Практика применения методических инструментов и их развитие: сб. докл. VIII междунар. конф.; ред. А.В. Кудрявцев. – М.: МИСИС, 2016. – С. 6–22.
61. Warren Bennis, Burt Nanus. Leaders: The Strategies for Taking Charge. – Harper & Row 1985. – 200 p.
62. Frederick F. Reichheld. The One Number You Need to Grow // Harvard Business Review. – 2003. – № 81 (12). – P. 46–54.
63. Регистр научно-фантастических идей. URL: <https://www.altshuller.ru/rtv/sf-register.asp> (дата обращения 07.02.2005).
64. Баранов В.П. Распространение ТРИЗ и культурные архетипы // Журнал ТРИЗ. – 1996. – № 1 (11). – С. 11–16.
65. Лихолетов В.В. Императив интеллектуализации и наращивания общей культуры инженерных кадров // Инженерное образование. – 2015. – Вып. 17. – С. 89–98.
66. Tuckman Bruce W. Developmental sequence in small groups // Psychological Bulletin. – 1965. – № 63 (6). – pp. 384–399.
67. Ichak Adizes. Corporate Lifecycles: How and Why Corporations Grow and Die and What to Do About It. – Prentice Hall, 1989. – 361 p.
68. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Модели для творца. Теория развития коллективов // Журнал ТРИЗ. – 1993. – № 1. – С. 82–91.
69. Пригожин А.И. Методы развития организаций. – М.: МЦФЭР, 2003. – 863 с.

70. Ахтямов М.К., Лихолетов В.В. В копилку теории предпринимательства. О сопряжении «волн» теории предпринимательства и концепций теории развития творческой личности Г.С. Альтшуллера–И.М. Верткина // Российское предпринимательство. – 2008. – № 4. – С.136–141.
71. Горбунов Н.И., Шамаков Б.В. Интеллектуальные технологии эффективной работы: монография: в 3 ч. Ч. 1 Эффективный управленец и жизненная стратегия творческой личности. – Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2014. – 207 с.
72. Лихолетов В.В., Шамаков Б.В. Основы обеспечения закономерностей развития команд в рыночных условиях // Проблемы технического творчества: сборник статей. – Уфа: Аэтерна, 2016. – С. 121–136.
73. Сизова Ю.С. Современный предприниматель в VUCA мире – преимущества и сложности // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 8 – С.145–150.
74. Профессиональный стандарт. Вид экономической деятельности (область профессиональной деятельности): управление (руководство) организацией. Квалификационный уровень 5, 6, 7, 8. – М.: НПЦСУ, 2010. – 100 с. URL: <http://media.rsprr.ru/document/1/4/3/4338a91b98638f2367f6352d3d19f770.pdf> (дата обращения 02.04.2020).
75. Подкатилин А.В. ТРИЗ и ТЭР в ТРАБЛШУТИНГЕ. Практика эффективного решения «неразрешимых» управленческих проблем малого и среднего бизнеса – URL: <https://www.trizland.ru/trizba/2975> (дата обращения 02.04.2020).
76. Фаер С. Траблшутинг: Как решать нерешаемые задачи, посмотрев на проблему с другой стороны. – М.: Алпина Паблишер, 2018. – 224 с.
77. Павленко А.Н. Возможность техники. – СПб.: Алетейя, 2010. – 224 с.
78. Альтшуллер Г.С., Рубин М.С. Что будет после окончательной победы. Восемь мыслей о природе и технике // Шанс на приключение. – Петрозаводск: Карелия, 1991. – С. 221–236.
79. Иванов Г.И. В согласии с природой // Журнал ТРИЗ. – 2002. – № 1. – С. 31–40.
80. Zlotin Boris, Zusman Alla. Directed Evolution: Philosophy, Theory and Practice. – Ideation International Inc., 2001. – 103 p.
81. Валявский А.С. Как понять ребенка? – СПб.: Фолио-Пресс, 1998. – 752 с.
82. Фрумин И.Д., Добрякова М.С., Баранников К.А., Реморенко И.М. Универсальные компетентности и новая грамотность: чему учить сегодня для успеха завтра. Предварительные выводы международного доклада о тенденциях трансформации школьного образования. – М.: НИУ ВШЭ, 2018. – 28 с.

Дата поступления: 01.06.2020 г.

UDC 378:37.03

FITNESS TOOL SOLUTION THEORY INVENTIVE PROBLEMS (TRIZ) FOR FORMATION SKILLS OF FUTURE ENGINEERS

Valery V. Likholetov,

Dr. Sc., Cand. Sc., Professor of the Department of Economic Security,
likholetov@yandex.ru

South Ural State University,
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia.

Relevance. The imperative of success in an information-rich world focuses on training a new type of engineer. Understanding the models of professions of the future gives us trends in the formation of their over-professional skills that are poorly developed and lacking in modern graduates. In the system of vocational education and professional engineering activities, an “assembly” of a system-minded person who is able to solve non-standard tasks is needed. There is a social order for the formation of a harmoniously developed person. The problem of analyzing the ways and revisions of existing scientific and pedagogical means to achieve this goal has been aggravated. **The purpose of the study** is to analyze the system tools of the theory of inventive problem solving (TRIZ) and the theory of the development of a creative personality that arose at the junction of the functional-cost analysis of systems and methods of technical creativity from the standpoint of the suitability of this tool for the formation of a system of over-professional skills dictated by the future market labor. **Novelty.** When analyzing models of future professions, the system of over-professional skills formed during the training, self-training and professional formation of future engineers is specified. A series of them was constructed by the frequency of mentioning in the descriptions of models of professions. It was revealed that the tools of modern TRIZ are able to fully ensure the formation of the entire system of these skills among future engineers. **Theoretical and practical significance.** The TRIZ toolkit represents coordinated dynamic systems that can become a didactic platform and the basis of a new quality system for training future specialists in the processes of their training, self-education and professional development. Many years of experience in operating tools for solving non-standard tasks in implementing projects in Russia and abroad allows us to talk about TRIZ as an important component of future praxeology. **Methods.** The theoretical, technological and heuristic basis of the «big» TRIZ as a «general theory of strong thinking» arose and develops in mutual enrichment with the theory of the development of a creative personality and functional-cost analysis of systems, cybernetics and synergetics. The methodology of domestic pedagogy on the formation of a harmoniously developed personality is comprehended, a review of publications on TRIZ pedagogy work on the ways and means of forming the over-professional skills of future engineers in the process of their professional education, self-education and engineering activity is performed. **Results.** When analyzing sources of predictive information, trends in the emergence of new professions and requirements for the skills of future engineers were identified. The relevance of the formation of their systemic thinking and ability to solve non-standard tasks is established. The system of over-professional skills critical for all future professions has been clarified. It has been confirmed that the TRIZ system toolkit “big” is able to fully provide the scientific and technological basis for the formation of these skills among future specialists in the process of their professional education, self-education and professional formation.

Keywords: models of future engineering; engineering education and self-education; non-standard tasks; supra-professional skills; tools of the theory of inventive problem solving (TRIZ) as a general theory of strong thinking; functional and cost analysis of systems; the theory of creative personality development.

REFERENCES

1. Toffler A. *Future Shock*. Random House, 1970. 576 p.
2. Griffin P., McGaw B., Care E. *Assessment and Teaching of 21st Century Skills: Methods and Approach (Educational Assessment in an Information Age)*. Springer, 2012. 324 p.
3. Kaku Michio. *The Future of the Mind: The Scientific Quest to Understand, Enhance, and Empower the Mind*. Doubleday, 2014. 400 p.
4. Luksha P., Luksha K., Peskov D., Korichin D. *Atlas novykh professiy* [Atlas of new professions]. Moscow, ASI, Moscow School of Management “Skolkovo”, 2014. 164 p.
5. *Atlas novykh professiy 3.0*. [Atlas of new professions 3.0.]. By eds. D. Varlamova, D. Sudakova. Moscow, Intelktualnaya Literatura Publ., 2020. 456 p.
6. David H. Autor and David Dorn. The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*. 2013, no. 103 (5), pp. 1553–1597.
7. Simonyants R.P. Problems of engineering education and their decision involving industry. *Science and Education of Bauman MSTU*. 2014, no. 3, pp. 394–419. In Russ.
8. Chillias S., Marks A., Galloway L. Learning to labour: an evaluation of internships and employability in the ICT sector. *New Technology, Work and Employment*. 2015, vol. 30, no. 1, pp. 1–15.

9. Ramadi E., Ramadi S., Nasr K. Engineering graduates' skill sets in the MENA region: a gap analysis of industry expectations and satisfaction. *European Journal of Engineering Education*. 2016, vol. 41, no. 1, pp. 34–52.
10. Crawley E.F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D.R., Edström K. *Rethinking engineering education. The CDIO approach*. Springer, 2007. 311 p.
11. *Perspektivy razvitiya inzhenerenogo obrazovaniya: initsiativa CDIO* [Prospects for the development of engineering education: CDIO initiative]. St. Petersburg, Publishing house of ETU "LETI", 2012. 29 p.
12. Nikitin V., Pereslegin S., Paribok A., Chudnovsky Y., Pereslegin E., Lukovnikova N., Vasilkov D., Tarikov I. *Inzhenernaya ontologiya. Inzheneriya kak stranstviye: dlya formirovaniya inzhenernykh kompetentsiy* [Engineering ontology. Engineering as a journey: to build engineering competencies]. Yekaterinburg, Forjekt, Azhur Publ., 2013, 230 p.
13. Chechurin L., Borgianni Y. Understanding TRIZ through the review of top cited publications. *Computers in Industry*. 2016, no. 82, pp. 119–134.
14. Fiorineschi L., Frillici F.S., Rotini F. Enhancing functional decomposition and morphology with TRIZ: Literature review. *Computers in Industry*. 2018, no. 94, pp. 1–15.
15. Altshuller G.S. *Tvorchestvo kak tochnaya nauka* [Creativity as an exact science]. Moscow, Sovetskoye radio Publ., 1979, 175 p.
16. Altshuller G.S., Zlotin B.L., Zusman A.V., Filatov V.I. *Poisk novykh idey: ot ozareniya k tekhnologii* [Searching for new ideas: from insight to technology]. Kishinev, Kartya Moldovenyaske Publ., 1989, 381 p.
17. Zlotin B.L., Zusman A.V. *Resheniye issledovatel'skikh zadach* [Solving research problems]. Kishinev, Progress, Kartya Moldovenyaske Publ., 1991, 204 p.
18. Murashkovskiy Yu.S. *Biografiya iskusstv. T.1* [Biography of arts. Vol. 1]. Petrozavodsk, Skandinaviya Publ., 2006, 550 p.
19. Murashkovskiy Yu.S. *Biografiya iskusstv. T.2* [Biography of arts. Vol. 2]. Petrozavodsk, Skandinaviya Publ., 2007, 314 c.
20. Altshuller G.S. Perspektivy razvitiya TRIZ [TRIZ development prospects]. *Zhurnal TRIZ*. 1990, no. 2, pp. 4–5.
21. Limarenko A.V. *Sverkhzvukovoy baryer ARIZa (otklik na statyu V.A. Koroleva «Sovremennyye tendentsii razvitiya ARIZ» 21 sentyabrya 1998 g., Vladivostok)* [Supersonic barrier of ARIZ (response to VA Korolev's article "Modern trends in ARIZ development" September 21, 1998, Vladivostok)]. Available at: <http://triz.org.ua/works/ws97.html> (accessed 12.03.2020).
22. Shchedrovitskiy G.P. *Izbrannyye trudy* [Selected Works]. Moscow, Shkola Kulturnoy politiki, 1995. 800 p.
23. Lebedev P.A. Poslednyaya popytka modernizatsii prosveshcheniya v Rossiyskoy imperii [1915–1916 gg.] [The last attempt to modernize education in the Russian Empire [1915–1916]]. *Pedagogika*. 2006, no. 8, pp. 79–82.
24. Simonenko T.I. Russkaya filosofiya o tselostnosti cheloveka kak probleme obrazovaniya [Russian philosophy about human integrity as a problem of education]. *Vestnik MGTU*. 2013, vol. 16, no. 2, pp. 378–382.
25. Loginova N.A. Tselostnyy chelovek kak problema v rossiyskoy psikhologii [Whole person as a problem in Russian psychology]. *Vestnik Permskogo universiteta. Filosofiya. Psikhologiya. Sotsiologiya*. 2016, iss. 2 (26), pp. 61–70.
26. Shubinskiy V.S. Problema mezhdistsiplinarnogo sinteza znaniya o cheloveke kak pedagogicheskoy tseli [The problem of interdisciplinary synthesis of knowledge about a person as a pedagogical goal]. *Novyye issledovaniya v pedagogicheskikh naukakh*. [New research in pedagogical sciences]. By ed. M.N. Skatkin. Moscow, Pedagogika, 1990, iss. 1, pp. 7–10.
27. Belyayev I.A. «Tselostnost cheloveka» i «tselnost cheloveka»: sootnosheniye ponyatiy ["Human integrity" and "human integrity": the relationship of concepts]. *Vestnik OGU*. 2014, no. 2 (163), pp. 204–211.
28. Altov G. *I tut poyavilsya izobretatel* [And then the inventor appeared]. Moscow, Detskaya literature Publ., 1984. 126 p.
29. Gin A.A. *Priyomy pedagogicheskoy tekhniki* [Techniques of pedagogical technique]. Moscow, VITA-PRESS, 1999, 88 p.
30. Nesterenko A.A., Terekhova G.V. Sovremennyye tendentsii razvitiya TRIZ-obrazovaniya [Modern trends in the development of TRIZ education]. *Sovremennaya vysshaya shkola: innovatsionnyy aspekt*. 2013, no. 3, pp. 4–13.
31. Altshuller G.S., Vertkin I.M. *Kak stat geniyem: zhiznennaya strategiya tvorcheskoy lichnosti* [How to become a genius: the life strategy of a creative person]. Minsk, Belarus Publ., 1994, 479 p.
32. Afanasyev A.A., Proskurin Yu.A., Afonin G.G. TRIZ – metodologiya standartizatsii kak nauki v oblasti sistemnogo izobretatelskogo myshleniya [TRIZ – methodology of standardization as a science in the field of systemic inventive thinking]. *Vestnik IrGTU*. 2014, no. 10 (93), pp. 26–32.
33. Murashkovska I., Koke T. Teoriya resheniya izobretatelskikh zadach kak metodologicheskoy podkhod v pedagogicheskikh issledovaniyakh [Theory of inventive problem solving as a methodological approach in pedagogical research]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Psikhologo-pedagogicheskoye nauki*. 2014, no. 1, pp. 90–94.

34. Gurevich P.S. *Problema tselostnosti cheloveka* [The problem of human integrity]. Moscow, IF RAN, 2004, 178 p.
35. *Novoye kachestvo obrazovaniya v sovremennoy Rossii. Kontseptualno-programmnyy podkhod*. Pod red. N.A. Seleznevoy, A.I. Subetto [New quality of education in modern Russia. Conceptual-programmatic approach. By eds. A.N. Selezneva, A.I. Subetto]. Moscow, ITSPKPS, 1995, 199 p.
36. Izvozchikov V.A. *Infonoosfernaya edukologiya. Novyye informatsionnyye tekhnologii obucheniya* [Infonospheric educationalogy. New information technologies for teaching]. St. Petersburg, RGPU, 1991, 120 p.
37. Likholetov V.V. *Teoriya i tekhnologii intensivifikatsii tvorchestva v professionalnom obrazovanii*. Avtoref. Diss. [Theory and technology of intensification of creativity in vocational education. Author. Diss.]. Yekaterinburg: RGPPU, 2002, 46 p.
38. Likholetov V.V. The imperative of intellectualization and building up the general culture of engineering personnel. *Engineering education*. 2015, iss. 17, pp. 89–98. In Rus.
39. Likholetov V., Aliukov S. Problems in Engineering Education, Engineering and Invention. *International Journal of Engineering Education*. 2019, vol. 35, no. 6 (A), pp. 1605–1617.
40. Likholetov V.V. Ot znakovykh sistem – k resheniyu problemy «sborki» tselostnogo cheloveka: proba kontseptualnogo modelirovaniya [From sign systems to solving the problem of “assembling” a whole person: a test of conceptual modeling]. *Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya*. 2019, no. 6. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/128PSMN619.pdf> (accessed 12.03.2020).
41. Ashby W.R. *Introduction to Cybernetics*. Chapman & Hall, 1956, 295 p.
42. Doug Lemov, Erica Woolway, Katie Yezzi. *Practice Perfect: 42 Rules for Getting Better at Getting Better*. Jossey-Bass, 2012, 288 p.
43. Guru Madhavan. *Applied Minds: How Engineers Think*. W. W. Norton & Company, 2016. 272 p.
44. Andryukhina L.M. Kontseptsii kreativnosti v menedzhmente i biznese kak intellektualnyy resurs operzhayushchego obrazovaniya [The concept of creativity in management and business as an intellectual resource of advanced education]. *Nauchnoye obozreniye*. 2019, no. 2, pp. 5–14.
45. Verbin S. *Nauka prinyatiya resheniy* [Science of decision making]. St. Petersburg, Piter Publ., 2002. 160 p.
46. Dubina I.N. *Tvorcheskiye resheniya v upravlenii i biznese* [Creative solutions in management and business]. Moscow, Yurayt Publ., 2020, 325 p.
47. Levenchuk A. *Sistemnoye myshleniye* [Systems thinking]. Boston-Uldingen-Kiev, Projekt «Balovstvo», Toliman, 2019, 534 p.
48. Khomenko N., Ashtiani M. *Klassicheskaya TRIZ i OTSM kak teoreticheskaya osnova instrumentov dlya resheniya nestandartnykh problem* [Classical TRIZ and OTSM as a theoretical basis for tools for solving non-standard problems]. Available at: https://www.jlproj.org/this_bibl/KNN_ETRIA.RUS11.pdf (accessed 03.05.2020).
49. Grudzinskiy A.O., Bednyy A.B. Transfer znaniy – funktsiya innovatsionnogo universiteta [Knowledge transfer is a function of an innovative university]. *Vysshey obrazovaniye v Rossii*. 2009, no. 9, pp. 66–71.
50. Litvin S. New TRIZ-Based Tool-Function-Oriented Search (FOS). *Proceeding of TRIZ Future Conference*. Florence, 3–5 November 2004, pp. 505–509.
51. Ruban O. Ubit protivorechiye [To kill a contradiction]. *Ekspert*. 2007, no. 48 (589), pp. 80–85.
52. Akhtyamov M.K., Likholetov V.V. Teoriya resheniya izobretatelskikh zadach kak osnova transfera v predprinimatelskoy ekonomike innovatsionnogo tipa [Theory of Inventive Problem Solving as the Basis for Transfer in an Innovative Entrepreneurial Economy]. *Rossiyskoye predprinimatelstvo*. 2009, no. 2, pp. 59–63.
53. Voropayev V. *Upravleniye proyektami – neispolzovannyy resurs v ekonomike Rossii* [Project management is an untapped resource in the Russian economy]. Available at: <https://hr-portal.ru/article/upravlenie-proektami-neispolzovannyi-resurs-v-ekonomike-rossii> (accessed 03.05.2020).
54. Likholetov V.V., Shmakov B.V. Teoriya resheniya izobretatelskikh zadach kak instrument proyektnoy deyatelnosti [Theory of Inventive Problem Solving as a Tool of Design Activity]. *Nauka YuUrGU: materialy 68 nauchoy konferencii. Sektsiya ekonomiki, upravleniya i prava* [Science of SUSU: Proceedings of the 68th Scientific Conference. Section of Economics, Management and Law]. Chelyabinsk, YuUrGU Publ., 2016, pp. 475–483.
55. Bicheno John. *The Lean Toolbox*. PICSIE Books, Buckingham, 2000, 203 p.
56. *TRIZ Work Recognized-Samsung Award*. Available at: <https://triz-journal.com/triz-work-recognized-samsung-award/> (accessed 27.05.2002).
57. Ikovenko S., Bradley J. *TRIZ as a Lean Thinking Tool*. Available at: <https://triz-journal.com/triz-lean-thinking-tool/> (accessed 07.02.2005).
58. Sibiryakov V.G., Lekomtseva E.B. LIN po-russki – eto TRIZ [LIN in Russian is TRIZ]. *Business Excellence*. 2007, no. 5. Available at: <https://ria-stk.ru/ds/adetail.php?ID=8456> (accessed 27.05.2002).
59. Tsurikov V.M. Projekt «Izobretayushchaya mashina»: intellektualnaya sreda podderzhki inzhenernoy deyatelnosti [The Inventing Machine Project: An Intelligent Environment for Supporting Engineering Activities]. *Zhurnal TRIZ*. 1991, no. 2.1, pp.17–34.

60. Sushkov V. TRIZ v mire: istoriya, sovremennost, problem [TRIZ in the world: history, modernity, problems]. *TRIZ. Praktika primeneniya metodicheskikh instrumentov i ikh razvitiye: sbornik dokladov VIII mezhdunarodnoy konferentsii* [TRIZ. The practice of using methodological tools and their development: collection of reports of the VIII international conference]. Moscow, MISIS, 2016, pp. 6–22.
61. Warren Bennis, Burt Nanus. *Leaders: The Strategies for Taking Charge*. Harper & Row 1985, 200 p.
62. Frederick F. Reichheld. The One Number You Need to Grow. *Harvard Business Review*. 2003, no. 81 (12), pp. 46–54.
63. *Registr nauchno-fantasticheskikh idey* [Science Fiction Ideas Register]. Available at: <https://www.altshuller.ru/rtv/sf-register.asp> (дата обращения 07.02.2005).
64. Baranov V.P. Rasprostraneniye TRIZ i kulturnyye arkhetypy [Distribution of TRIZ and cultural archetypes]. *Zhurnal TRIZ*. 1996, no. 1 (11), pp. 11–16.
65. Likholetov V.V. The imperative of intellectualization and building up the general culture of engineering personnel. *Engineering education*. 2015, Issue 17, pp. 89–98. In Rus.
66. Tuckman Bruce W. Developmental sequence in small groups. *Psychological Bulletin*. 1965, no. 63 (6), pp. 384–399.
67. Ichak Adizes. *Corporate Lifecycles: How and Why Corporations Grow and Die and What to Do About It*. Prentice Hall, 1989, 361 p.
68. Zlotin B.L., Zusman A.V. Modeli dlya tvortsa. Teoriya razvitiya kollektivov [Models for the creator. The theory of collective development]. *Zhurnal TRIZ*. 1993, no. 1, pp. 82–91.
69. Prigozhin A.I. *Metody razvitiya organizatsiy* [Organization development methods]. Moscow, MTS-FER, 2003, 863 p.
70. Akhtyamov M.K., Likholetov V.V. V kopilku teorii predprinimatelstva. O sopryazhenii «voln» teorii predprinimatelstva i kontseptsii teorii razvitiya tvorcheskoy lichnosti G.S. Altshullera – I.M. Vertkina [Into the piggy bank of the theory of entrepreneurship. On the conjugation of the “waves” of the theory of entrepreneurship and the concepts of the theory of the development of a creative personality G.S. Altshuller – I.M. Vertkina]. *Rossiyskoye predprinimatelstvo*. 2008, no. 4, pp. 136–141.
71. Gorbunov N.I., Shmakov B.V. *Intellektualnyye tekhnologii effektivnoy raboty: monografiya v 3 chastyakh. Chast1. Effektivnyy upravlenets i zhiznennaya strategiya tvorcheskoy lichnosti* [Intelligent technologies for effective work: a monograph in 3 parts. Part 1 Effective manager and life strategy of a creative person]. Chelyabinsk, ChelGU Publ., 2014, 207 p.
72. Likholetov V.V., Shmakov B.V. Osnovy obespecheniya zakonmernostey razvitiya komand v rynochnykh usloviyakh [Fundamentals of ensuring the patterns of development of teams in market conditions]. *Problemy tekhnicheskogo tvorchestva: sbornik statey* [Problems of technical creativity: collection of articles]. Ufa, Aeterna Publ., 2016, pp. 121–136.
73. Sizova Yu.S. Sovremennyy predprinimatel v VUCA mire – preimushchestva i slozhnosti [Modern entrepreneur in the VUCA world – advantages and difficulties]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2019, no. 8, pp. 145–150.
74. *Professionalnyy standart. Vid ekonomicheskoy deyatel'nosti (oblast' professional'noy deyatel'nosti): upravleniye (rukovodstvo) organizatsiyey. Kvalifikatsionnyy uroven' 5, 6, 7, 8* [Professional standard. Type of economic activity (area of professional activity): management (leadership) of the organization. Qualification level 5, 6, 7, 8]. Moscow, NTSSU, 2010. 100 p. Available at: <http://media.rsp.ru/ocuments/1/4/3/4338a91b98638f2367f6352d3d19f770.pdf> (accessed 02.04.2020).
75. Podkatilin A.V. *TRIZ i TER v TRABL'SHUTINGE. Praktika effektivnogo resheniya «nerazreshimykh» upravlencheskikh problem malogo i srednego biznesa* [TRIZ and TER in TRABLE SHOOTING. The practice of effectively solving “insoluble” management problems of small and medium-sized businesses]. Available at: <https://www.trizland.ru/trizba/2975> (accessed 02.04.2020).
76. Fayer S. *Trabl'shuting: Kak reshat nereshayemyye zadachi, posmotrev na problemu s drugoy storony* [Trouble Shooting: How to solve unsolvable problems by looking at the problem from the other side]. Moscow, Alpina Publisher, 2018. 224 p.
77. Pavlenko A.N. *Vozmozhnost tekhniki* [Possibility of technology]. St. Petersburg, Aleteyya Publ., 2010. 224 p.
78. Altshuller G.S., Rubin M.S. Chto budet posle okonchatel'noy pobedy. Vosem mysley o prirode i tekhnike [What will happen after the final victory. Eight Thoughts on Nature and Technology]. *Shans na prikl'yuchen'iye* [A Chance for Adventure]. Petrozavodsk, Kareliya, 1991, pp. 221–236.
79. Ivanov G.I. V soglasii s prirodoy [In harmony with nature]. *Zhurnal TRIZ*. 2002, no. 1, pp. 31–40.
80. Zlotin Boris, Zusman Alla. *Directed Evolution: Philosophy, Theory and Practice*. Ideation International Inc., 2001, 103 p.
81. Valyavskiy A.S. *Kak ponyat rebenka?* [How to understand a child?]. St. Petersburg, Folio-Press, 1998, 752 p.
82. Frumin I.D., Dobryakova M.S., Barannikov K.A., Remorenko I.M. *Universalnyye kompetentnosti i novaya gramotnost: chemu uchit segodnya dlya uspekha zavtra. Predvaritelnyye vyvody mezhdunarodnogo doklada o tendentsiyakh transformatsii shkol'nogo obrazovaniya* [Universal competences and new literacy: what to teach today for tomorrow's success. Preliminary conclusions of the international report on trends in the transformation of school education]. Moscow, NRU HSE, 2018, 28 p.

Received: 01.06.2020.