

**Ключевые слова:**

подготовка специалистов, классическая ТРИЗ, современная ТРИЗ (ТРИЗ+), методы и алгоритмы ТРИЗ, аддитивные технологии, инноватика

СОВРЕМЕННЫЙ ТРИЗ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Павел ПЕТРОВ, Павел СТРОКОВ

Рассмотрено внедрение в образовательный процесс образовательной программы «Аддитивные технологии» Московского политехнического университета комплекса дисциплин, основанных на классической и современной ТРИЗ. Показано, что для успешного освоения и овладения навыками применения методов и инструментов классической и современной ТРИЗ студентам бакалавриата необходимы «сквозное» преподавание комплекса дисциплин в течение всего срока обучения (4 года), реальные примеры и практика применения методов и инструментов ТРИЗ, а также участие в действующих проектах университета, включая совместную работу с внешними заказчиками и партнерами вуза.

Система высшего образования претерпевает изменения, появляются новые направления подготовки, модернизируются существующие образовательные программы, внедряются новые образовательные технологии и модели. Одной из таких программ является образовательная программа «Аддитивные технологии», ориентированная на подготовку молодых специалистов-бакалавров по направлению подготовки «Инноватика» (27.03.05).

Аддитивные технологии относятся к развивающимся и инновационным: у нас в стране начинает формироваться база стандартов и регламентов (ГОСТ); у предприятий накапливается опыт применения аддитивных технологий в таких отраслях, как общее машиностроение, авиастроение, автомобилестроение, энергомашиностроение, медицина; изменяются подходы к проектированию новых изделий с учетом их последующего изготовления с применением в том числе аддитивных технологий; формируется стратегия развития и практического применения аддитивных технологий на государственном уровне; начинает формироваться система подготовки специалистов на уровне среднего профессионального и высшего образования.

Студент образовательной программы «Аддитивные технологии», обучающийся в Московском политехническом университете, с учетом вышеописанных особенностей аддитивных технологий, должен приобрести ряд важных качеств, в том числе:

- склонность к техническому творчеству и реализации инженерных проектов;
- увлеченность воплощением своих идей;
- мотивированность на реализацию своих проектов;
- коммуникабельность и умение работать в проектной команде.

На выходе из университета выпускник должен быть не просто дипломированным бакалавром, а молодым человеком с опытом ведения проектной деятельности, понимающим как создать, развить и реализовать проект, доведя его до первого образца. Как привить такие качества современным студентам? Как в вузовской среде вырастить такого выпускника? На эти вопросы постараемся дать частичные ответы в данной статье, основываясь на том опыте, который получен от применения в образовательном процессе классической и современной ТРИЗ (теории решения изобретательских задач). Методология современной ТРИЗ (далее –

ТРИЗ+) учитывает требования рынка и позволяет создать конкурентоспособную продукцию.

Прототип нынешней образовательной программы «Аддитивные технологии» – образовательная программа «Компьютерное моделирование и прототипирование» – был запущен в 2014 году в Университете машиностроения (в 2016 году он вошел в состав Московского политехнического университета), что совпало с началом внедрения в университете проектно-ориентированной модели образования, которая предполагает, что образовательный процесс вне зависимости от направления подготовки и профиля обучения, основывается на академических знаниях, которые имеют конкретное применение при разработке и реализации студенческих проектов, реализуемых за несколько семестров и имеющих на входе идею, а на выходе продукт. Применяя только инструментальный дизайн-мышления добиться вышеописанного результата сложно. Методология классической и современной ТРИЗ расширяет возможности для прикладного технического творчества, направленного на реализацию студенческих проектов.

На примере образовательной программы «Аддитивные технологии» направления подготовки бакалавриата «Инноватика» рассмотрим, как инструментальный ТРИЗ+ может быть применен для генерации идеи и реализации проектов. ФГОС ВО 3+ по данному направлению предусматривает подготовку молодых специалистов, ориентированных на экспериментально-исследовательский и проектно-конструкторский виды деятельности, в которых в качестве объекта профессиональной деятельности выбран:

- инновационный проект создания конкурентоспособных производств товаров и услуг;
- проекты и процессы освоения и использования новых продуктов и новых услуг, новых технологий;
- проекты коммерциализации новаций.

На сегодняшний день последовательность преподавания дисциплин, основанных на методах и алгоритмах ТРИЗ (далее – модуль «ТРИЗ»), в бакалавриате направления «Инноватика» выглядит следующим образом:

- в течение восьми семестров студенты осваивают методы и приемы, направленные на развитие технического творчества при разработке инженерных проектов, а также методы и алгоритмы ТРИЗ, ФСА (функционально-стоимостной анализ), законы развития технических систем, основы прогнозирования и экспертизы инновационных проектов, формы охраны авторских прав и интеллектуальной собственности (общий объем аудиторных часов – 405, без учета часов на самостоятельную работу студентов);

- в течение восьми семестров реализуются двухсеместровые тематические проекты в рамках дисциплины «Проектная деятельность», при разработке и реализации которых студенты имеют дополнительную возможность отработки практических навыков применения инструментов ТРИЗ.

Каждая из дисциплин, основанных на методах и алгоритмах ТРИЗ, читается в классическом формате – «лекция» + «практика», «от общего к частному»:

- на первом курсе студенты знакомятся с историей инноваций и изобретательства, физическими, химическими, геометрическими эффектами, ИКР, противоречиями, принципами и приемами их разрешения, некоторыми из простейших методов решения задач (метод фокусирования на объекте, метод отрицания и конструирования и т.п.);
- на втором курсе – знакомятся с вепольными моделями, функциональным и параметрическим анализом;
- на третьем и четвертом курсах – с алгоритмом решения изобретательских задач (АРИЗ), потоковым анализом, триммингом, переносом свойств, функционально-ориентированным анализом и поиском, законами развития технических систем, анализом пределов развития и особенностями применения инструментов классической и современной ТРИЗ.

Подчеркнем, что практика применения приемов, методов и алгоритмов современной ТРИЗ осуществляется в рамках практических занятий по дисциплине модуля «ТРИЗ», дисциплины «Проектная деятельность» и профессиональных дисциплин образовательной программы, связанных с теорией, технологией, оборудованием для аддитивного производства.

Для лучшего понимания формата обучения комплексу дисциплин, включенных в модуль «ТРИЗ», рассмотрим примеры учебных задач, разбираемых преподавателями со студентами либо решаемых студентами самостоятельно в некоторых из дисциплин модуля «ТРИЗ». Не все задачи напрямую связаны с развитием и совершенствованием аддитивных технологий, но результат их решения требует применения технологии 3D-моделирования и/или аддитивной технологии. Общая цель преподавания дисциплин модуля «ТРИЗ» – сформировать у студента образовательной программы «Аддитивные технологии» комплекс знаний, умений и навыков, позволяющих им работать над созданием новых решений в области аддитивных технологий, а также в области разработки новых инновационных продуктов и проектов. Структура описания примеров задач и решений представлена по схеме: учебный курс, наименование дисциплины модуля «ТРИЗ», описание задачи и результата.



Одноразовый стакан для кофе, имеющий гладкую стенку. Горячий кофе, находясь в гладком стакане, постепенно охлаждается; любитель кофе, удерживающий стакан за его гладкую боковую поверхность, обжигает себе пальцы из-за теплопередачи. Применение крышки позволяет повысить эффективность стакана – тепло сохраняется в течение более длительного времени t_1

Рис. 1. Условие задачи

ПЕРВЫЙ КУРС. ДИСЦИПЛИНА «ИСТОРИЯ ИННОВАЦИЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА»

Одноразовый стакан для кофе позволяет сохранить напиток горячим в течение короткого времени [5]. Как повысить эффективность стакана, сохранив кофе горячим на протяжении более длительного периода времени (рис. 1)?

Учебная задача сводится к следующему: основываясь на физическом эффекте – теплопередаче – разработать новую форму (геометрию) боковой поверхности стакана, обеспечивающую сохранение температуры напитка, налитого в стакан, на протяжении как можно более длительного времени и при этом предотвращающую ожог пальцев от горячего кофе в стакане.

Ниже приведены некоторые возможные справочные решения, уже существующие на рынке, с которыми можно сравнивать разработанные студентами решения.

1. Одноразовый стакан для кофе, имеющий гладкую стенку, но с бумажным браслетом-«предохранителем»; браслет-«предохранитель» имеет ограниченную высоту. Материал браслета-«предохранителя» – картон, дерево, пластик. Какой из материалов будет эффективнее работать и при этом не приведет к существенному повышению себестоимости изготовления стакана? Какой высоты может быть либо должен быть браслет для обеспечения максимальной эффективности стакана – длительного сохранения тепла и предохранения от обжигания пальцев в любой точке боковой поверхности?
2. Одноразовый стакан для кофе, имеющий «шероховатую» боковую поверхность стенки. Какого размера должна быть шероховатость на боковой поверхности для обеспечения максимальной эффективности стакана – длительного сохранения тепла и предохранения от обжигания пальцев в любой точке боковой поверхности? Возможна ли замена «шероховатости» на перфорирование (рифление) боковой поверхности стакана для решения этой же задачи?

Контроль температуры жидкости внутри стакана может быть произведен с помощью датчика температуры либо градусника. Точный расчет процесса осуществляется в рамках дисциплины «Физика»,

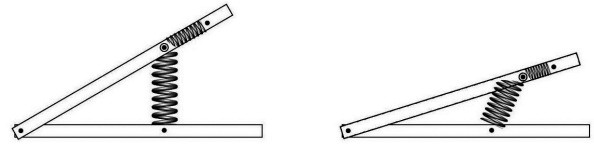


Рис. 2. Иллюстрация геометрического эффекта (рычага)

раздел «Термодинамика и статистическая физика». С другой стороны, в рамках дисциплины «Проектная деятельность» в первом семестре студенты участвуют в проекте «Инженерный старт» – изготавливают изделия, выполняющие определенные функции (яхта преодолевает заданное расстояние по воде, транспортное устройство преодолевает трассу, устройство поднимает груз определенной массы и т.д.). При решении проектных задач требуются знания по физике, теоретической механике, инженерной графике, а также ТРИЗ, в том числе физические эффекты.

ВТОРОЙ КУРС. ДИСЦИПЛИНА «АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЙ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗАДАЧ»

В основе приемов классической ТРИЗ, применяемых для устранения противоречий, лежат эффекты – физические, химические, геометрические, биологические и т.д. Пример геометрического эффекта (рычаг) [4], применяемый в конструкции малогабаритного тренажера, представлен на рис. 2. В узле создается равномерная нагрузка при использовании пружины.

При переводе рычага в нижнее положение малая пружина сжимается под действием нарастающей силы основной пружины и плечо рычага становится больше.

ВТОРОЙ И ТРЕТИЙ КУРС. ДИСЦИПЛИНА «МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ТРИЗ»

При реализации студенческого проекта «Тренажер» [5], нацеленного на разработку инновационного продукта, выполнено разрешение технического противоречия с применением приема «в пространстве» (рис. 3).

Пример построения компонентной модели сложной технической системы – лазерного принтера, представлен на рис. 4.

Стоит отметить, что в некоторых известных аддитивных технологиях заложены те же принципы работы, что и в офисных (лазерных, струйных) принтерах. В чем-то можно провести аналогию между компонентной моделью лазерного принтера и оборудованием для реализации технологии категории «Струйное нанесение связующего» либо «Струйное нанесение материала» [10].

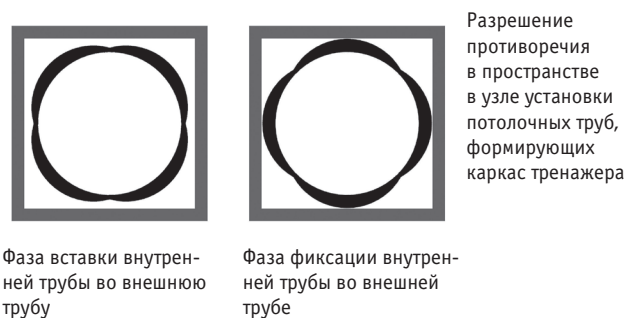


Рис. 3. Разрешение технического противоречия с применением приема «в пространстве»

Анализ аддитивной технологии (цифровая светодиодная проекция) позволяет выявить физические и технические противоречия. В качестве ключевого параметра можем принять мощность излучения либо длину волны излучения. Тогда одна из возможных задач для разработки формулируется так: увеличивать скорость печати и совместимость с полимерами, уменьшить стоимость принтера с минимальными потерями в качестве печати. На рис. 5 представлено техническое противоречие.

Техническое противоречие: при увеличении яркости DLP-проектора улучшается экономичность использования материала, ухудшается ресурс принтера.

Между тем так возможно сформулировать и физическое противоречие: яркость DLP-принтера должна быть высокой, чтобы уменьшить расход матери-

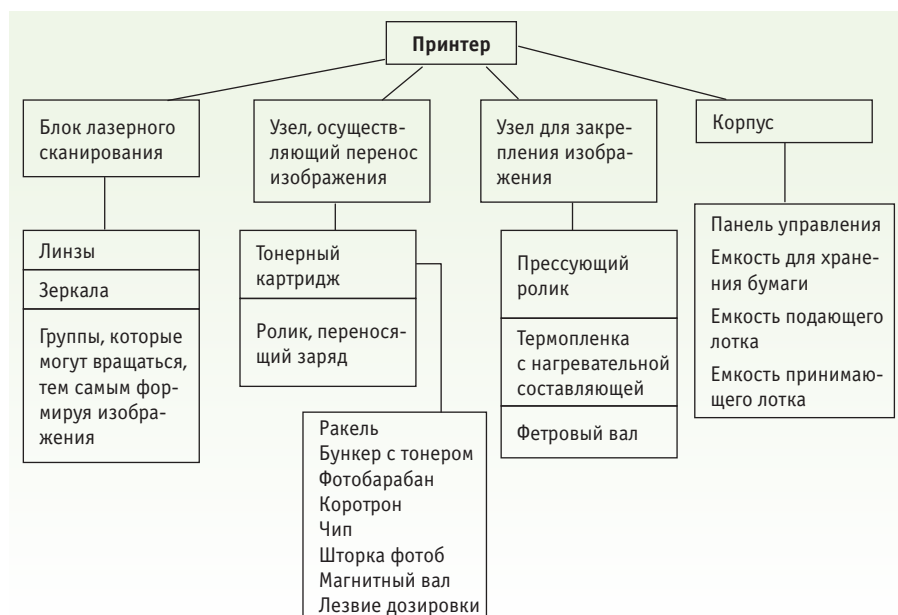


Рис. 4. Компонентная модель лазерного принтера (разработано Р. Кашаповой, студенткой бакалавриата по направлению «Инноватика», образовательная программа «Аддитивные технологии»)

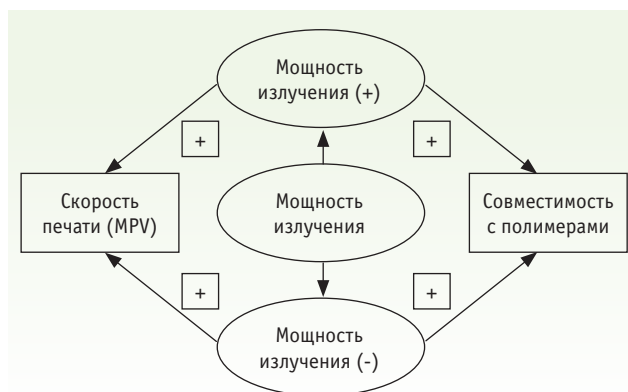


Рис. 5. Техническое противоречие (составлено студентом бакалавриата В. Шлепкиным)

ала для печати, и она должна быть низкой, чтобы повысить ресурс принтера.

Возможное решение технического противоречия: использовать принцип объединения и переход к надсистеме – ванне с фотополимером, имеющей дополнительную подсветку.

ТРЕТИЙ И ЧЕТВЕРТЫЙ КУРС. ДИСЦИПЛИНА «АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ТРИЗ+»

Одним из методов, изучаемых в рамках данной дисциплины, является функционально-стоимостный анализ (ФСА) в ТРИЗ.

Функционально-стоимостный анализ в ТРИЗ является синтезом классического ФСА, созданного на базе Value analysis

Л.Д. Майлсом, и поэлементного экономического анализа (ПЭА), разработанного Ю.М. Соболевым [6–8]. ФСА в ТРИЗ включает в себя структурный и функциональный анализ. При этом второй невозможен без первого.

Учебная задача: в качестве примера приведем результат решения задачи о разработке концепции обучающей игрушки для детей (рис. 6).

На рис. 7 представлена функциональная модель проектируемой игрушки: выделенные красным цветом функции элементов технической системы «Обучающая игрушка» являются вредными функциями системы.

Известная, ставшая классической, технология лазер-

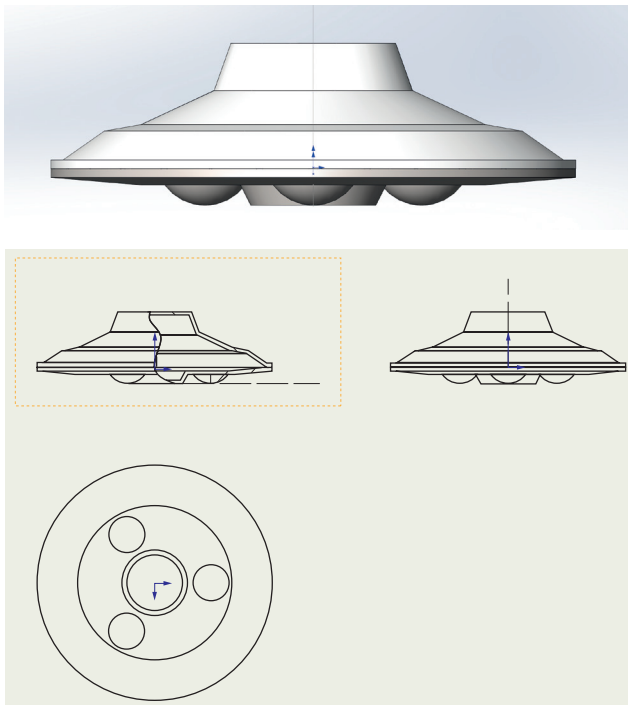


Рис. 6. 3D-эскиз проектируемой игрушки (выполнен в 2018 году студентом бакалавриата С. Копыловым в рамках выпускной квалификационной работы)

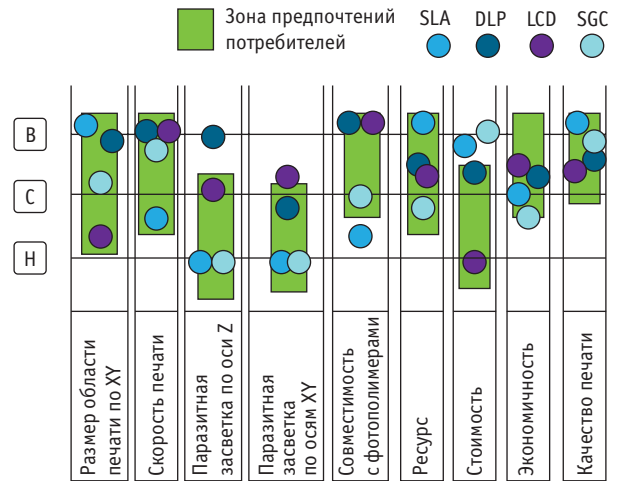


Рис. 8. Фрагмент MPV-анализа оборудования для реализации технологии, относящейся к категории «Фотополимеризация в ванне» (выполнен в 2018 году студентом бакалавриата В. Шлепковым в рамках его выпускной квалификационной работы)

ной стереолитографии (SLA) на рынке современных аддитивных технологий имеет конкурентов: технологии SGC, DLP, LCD. Анализ ключевых потребительских ценностей (MPV-анализ) [9] позволяет

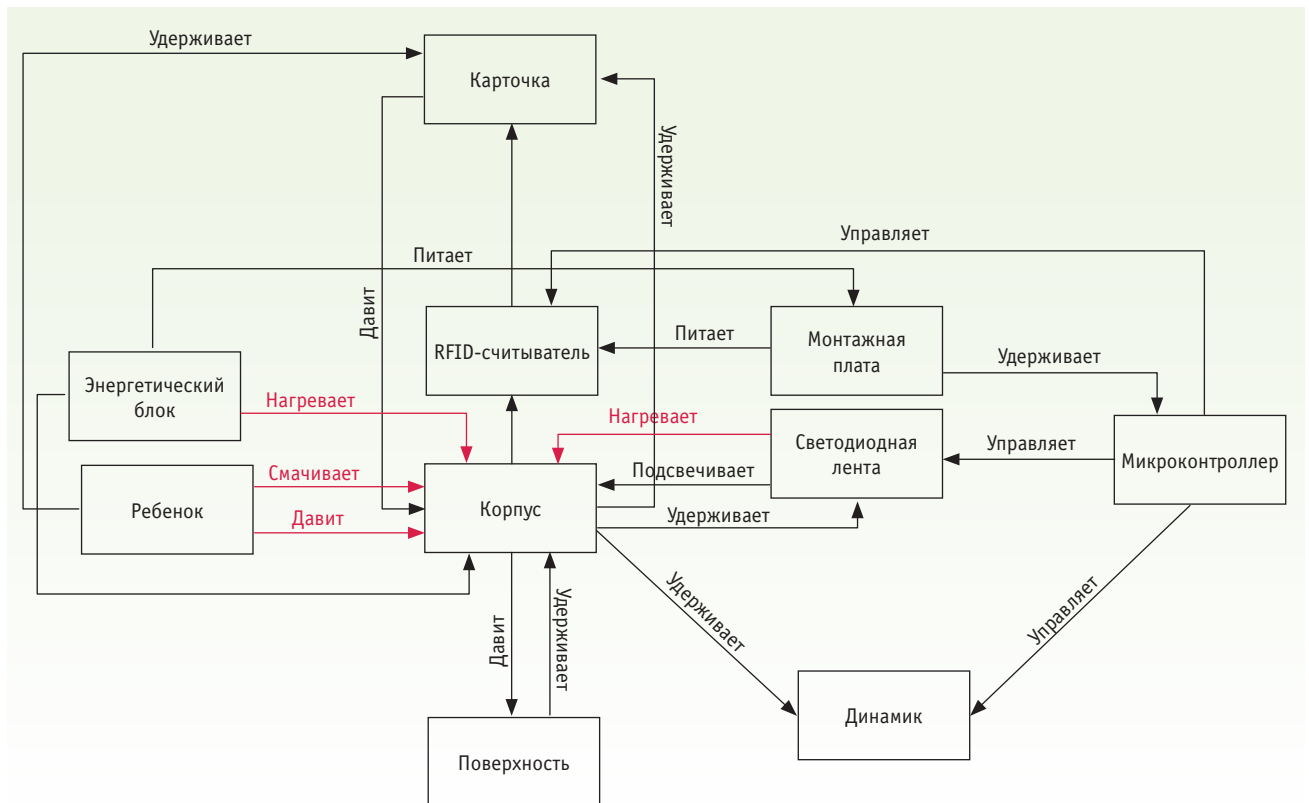


Рис. 7. Функциональная модель технической системы «Обучающая игрушка»

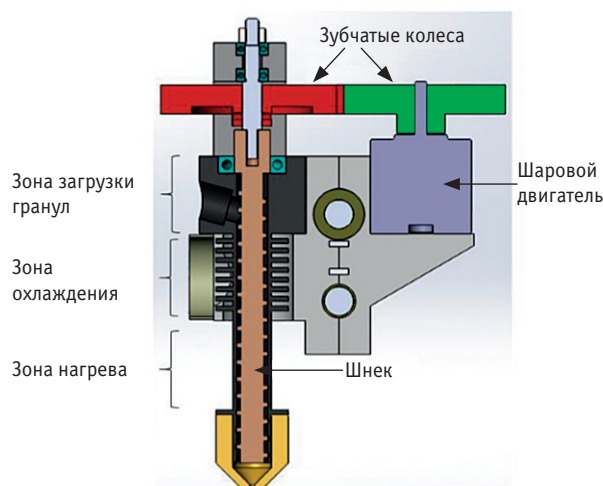


Рис. 9. Принципиальная схема узла

выявить предпочтительные для конечного потребителя параметры установок для реализации той либо иной из вышеперечисленных аддитивных технологий. МРV-анализ позволяет ответить на вопросы: «Какой из выпускаемых продуктов (реализуемых технологий) выбрать для дальнейшего улучшения?» и «По каким параметрам следует его улучшать»? Фрагмент МРV-анализа представлен на рис. 8 и иллюстрирует оценку зоны предпочтений потребителя, выбирающего технологию, относящуюся к категории «Фотополимеризация в ванне» [10].

ЧЕТВЕРТЫЙ КУРС. ДИСЦИПЛИНА «ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Один из законов развития технических систем – закон перехода в надсистему, включающий методику переноса свойств объекта, – может быть проиллюстрирован на примере решения задачи о совершенствовании печатающей головки персонального 3D-принтера с целью возможности 3D-печати вязких и мало текучих функциональных полимерных материалов с нетиповыми эксплуатационными свойствами. Частное решение задачи представлено студентом бакалавриата М.Н. Прокопенко в его выпускной квалификационной работе, успешно защищенной в 2018 году. На рис. 9 представлено частное решение реализации закона перехода в надсистему для печатающей головки с экструдером для реализации технологии, относящейся к категории «Экструзия материала» [10].

Добавление шнекового механизма дает возможность дополнить конструкцию экструдера бункером для загрузки гранул, позволит производить 3D-печать и изготовление деталей без остановки 3D-принтера, так как в бункере будет постоянно находиться модельный материал.

Немаловажным инструментом в освоении дисциплин модуля «ТРИЗ» является, в перспективе, современная технология 3D-моделирования для визуализации объектов, являющихся предметом разработки объектов интеллектуальной собственности (ОИС). Современная технология 3D-моделирования изделий позволяет создать цифровую 3D-модель объекта разработки на этапах формирования идеального конечного результата (ИКР – инструмент ТРИЗ), устранения противоречия и подготовки заявки на ОИС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время на 1–4 курсах образовательной программы «Аддитивные технологии» (направление подготовки 27.03.05 «Инноватика») реализуется сквозное преподавание современных технологий 3D-моделирования для поддержки дисциплин модуля «ТРИЗ», в том числе геометрическое моделирование с применением САД-систем, имитационное моделирование с применением САЕ-систем, а также структурное моделирование с применением специализированных компьютерных систем для анализа и синтеза механизмов.

Если проводить анализ уровня погружения студентов в изучение дисциплин модуля «ТРИЗ» и включение ими в их деятельность (проектную или научную) методик и алгоритмов современной ТРИЗ, то можно обнаружить следующую закономерность: студенты-бакалавры 2–3 курса обучения, имеющие начальную подготовку по изучению методологии ТРИЗ, системному мышлению и научной деятельности, легче осваивают специфику работы по классической и/или современной теории решения изобретательских задач.

В завершение данной статьи можно отметить: полученный опыт работы с бакалаврами образовательной программы «Аддитивные технологии» показал, что преподавание методологии классической ТРИЗ и современной ТРИЗ в течение одного-двух семестров является недостаточным в случае, когда в результате освоения дисциплины ожидается, что студенты будут активно использовать изученные теоретические методы для решения прикладных инженерных задач либо задач, направленных на разработку инновационных решений. За один-два семестра студенты только знакомятся с основными моментами методологии ТРИЗ и преодолевают психологическую инерцию, затрудняющую развитие творческого и инженерного мышления. Полученная студентами информация усваивается только на уровне узнавания и знаний; многие из студентов-бакалавров достаточно просто осваивают применение накатанных схем, например, метода мозгового штурма, но применять их на практике для нетиповых случаев они еще не в состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Альтшуллер Г. С.** Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. — Петрозаводск: Скандинавия, 2003.
2. **Гин А. А., Кудрявцев А. В., Бубенцов В. Ю.** и др. Теория решения изобретательских задач. Учебное пособие I уровня. — Издательство Модерн, 2017.
3. **Петров П. А., Кудрявцев А. В., Минакер В. Е., Токарев А. С.** «ТРИЗ+» в системе подготовки инновационных специалистов (бакалавров и магистров) в вузе. Сб. труд. VII межд. конф. «ТРИЗ. Практика применения и проблемы развития», Москва 20-21 ноября 2015 г. — М.: ООО «Аналитик», 2015.
4. **Петров П. А., Минакер В. Е., Токарев А. С.** «ТРИЗ+» в системе подготовки молодых специалистов в вузе: год спустя. Сб. труд. VIII межд. конф. «ТРИЗ. Практика применения и проблемы развития», Москва 11-12 ноября 2016 г. — М.: ООО «Аналитик», 2016.
5. **Петров П. А., Строков П. И., Типалин С. А.** ТРИЗ+ в системе подготовки молодых специалистов в вузе: итоги // История и педагогика естествознания. 2017. № 4. С. 16–21.
6. Информационно-справочный интернет-портал «Metodolog». — [Электронный ресурс]: <https://www.metodolog.ru/00940/00940.html> (Дата обращения: 28.01.2019).
7. Применение методов технического творчества при проведении функционально-стоимостного анализа. Методические рекомендации. — М., Информэлектро, 1990.
8. **Герасимов В. М., Литвин С. С.** Основные положения методики проведения ФСА. Свертывание и сверхэффект // ТРИЗ. Т. 3. № 2/92. С. 7–45.
9. Информационно-справочный интернет-портал «Metodolog». — [Электронный ресурс]: https://www.metodolog.ru/01472/01472.html#_edn1 (Дата обращения: 28.01.2019).
10. ГОСТ Р 57589-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы — Часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. — М.: Стандартинформ, 2017.

ПЕТРОВ Павел Александрович — кандидат технических наук, заведующий кафедрой «ОМДиАТ» Московского политехнического университета

СТРОКОВ Павел Игоревич — старший преподаватель Московского политехнического университета

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 840 руб.

ЭТАЛОНЫ И СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ. ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

Лукашкин В.Г., Булатов М.Ф.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России (2012–2018 годы)»

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. — 402 с.
ISBN 978-5-94836-512-1

В книге рассмотрены общие вопросы метрологического обеспечения и единицы физических величин. Изложены основные задачи технических средств метрологического обеспечения в области электрорадиоизмерений. Даны оценки погрешности и неопределенности первичных и рабочих эталонов.

Книга может быть полезна студентам и аспирантам при выборе и обосновании эталонной базы в области электрорадиоизмерений, а также специалистам, занимающимся вопросами разработки, производства и оценки качества средств измерений, контроля и испытаний.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphere.ru, sales@technosphere.ru