



На правах рукописи

Антипина Елена Валерьевна

**МЕТОД ФОРМООБРАЗОВАНИЯ
СЕРВИСНЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ РОБОТОВ
НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Специальность 17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Ижевск – 2020

Работа выполнена на кафедре дизайна федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет».

- Научный руководитель: доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой дизайна ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск
Ившин Константин Сергеевич
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры компьютерного дизайна ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва
Соколова Марина Леонидовна
- кандидат искусствоведения, доцент кафедры инженерной графики и дизайна ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва
Дубова Анастасия Анатольевна
- Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественный университет», г. Екатеринбург

Защита состоится 29 октября 2020 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.05, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, аудитория 156.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» и на официальном сайте университета <https://www.kosygin-rgu.ru/>.

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



А.Н. Новиков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. На современном этапе развитие Интернета вещей, киберфизических систем, коммуникационных и облачных технологий обеспечило появление открытых информационных систем и глобальных промышленных сетей, выходящих за границы отдельного предприятия и взаимодействующих между собой. Такие системы и сети представляют собой новый уровень организации производства и его управления в течение жизненного цикла выпускаемой продукции.

Согласно Плану мероприятий («дорожной карте») по развитию конкуренции в отраслях экономики РФ и переходу отдельных сфер естественных монополий из состояния естественной монополии в состояние конкурентного рынка на 2018-2020 годы для развития конкурентоспособности отечественных предприятий требуется обеспечить их конверсию. Для реализации данной цели необходимо, во-первых, повысить удовлетворенность потребителей за счет расширения ассортимента и повышения качества товаров, во-вторых, увеличить долю наукоемких гражданских товаров в структуре производства, используя современные технологии оборонной промышленности, в-третьих, развивать рынки высокотехнологичной продукции. На долю предприятий Удмуртской Республики приходится более 24% объема производства предприятий обрабатывающих производств и около 30% от числа занятых в промышленности РФ. Между тем, важно отметить, что данные предприятия, специализирующиеся на производстве оборонной продукции, сталкиваются с рядом сложностей. Они никогда не выстраивали коммерческих отношений с другими компаниями, плохо ориентируются в потребностях потенциальных потребителей гражданской продукции и зачастую не способны построить эффективную маркетинговую модель.

Для проектирования такого наукоемкого гражданского объекта как сервисная персональная робототехника необходимо обладать не только рядом технических знаний и технологий, но также ориентироваться на конечного потребителя через формирование его внешнего облика с помощью методов и средств дизайна. Данный факт выявляет потребность в системном подходе к разработке сервисной робототехники, при котором учитываются социальные, эстетические, конструктивные, производственные, эксплуатационные и другие факторы. Существующее многообразие техники, реализующей сразу несколько функций, усложняет процесс проектирования, приводя к тому, что возникает актуальность в разработке методических основ дизайна сервисной персональной робототехники.

Область исследования соответствует научной специальности 17.00.06 – «Техническая эстетика и дизайн»: п. 2. Методы художественного проектирования с учетом производственных факторов; п. 12. Методы формообразования и структурообразования художественных и промышленных изделий.

В диссертации рассматриваются вопросы, соответствующие формуле паспорта специальности: «Оптимизация творческих процессов проектирования изделий машиностроительной промышленности»; «Взаимосвязь художественных и технологических факторов, приемов и способов проектирования изделий», «Формообразование и структуризация объектов проектирования».

Степень разработанности проблемы. Для того чтобы исследовать подходы к формообразованию сервисных персональных роботов, необходимо рассмотреть труды по истории, философии техники, художественную литературу, освещающую вопросы робототехники. Вопросами взаимодействия искусственной и естественной среды, роли и влияния техники на данный процесс занимались такие зарубежные философы и ученые, как Аристотель, Платон, Т. Гоббс, Р. Декарт, Ж.О. Ламетри, Г.В. Лейбниц, И.Р. Нурбахш, Ж.-Ж. Руссо, А. Тьюринг, К. Шваб, и русские философы Н.А. Бердяев, Л.Н. Толстой. Проблема взаимоотношения робота и человека рассматривалась ими с точки зрения исторической и технической эволюции. Поиск баланса во взаимоотношениях робота и человека был освещен в произведениях таких зарубежных писателей как А. Азимова, Р. Бредбери, Э.Т.А. Гофмана, К. Чапека, М. Шелли и советских фантастов А.Н. и Б.Н. Стругацких.

Вопросами рассмотрения техники как художественного объекта задавались такие зарубежные ученые – исследователи теории и методологии дизайн-проектирования, как З.Г. Бегенау, Дж.К. Джонс, В. Папанек и отечественные разработчики методики художественного

конструирования, дизайн-анализа, метода проектной типологии в дизайне систем Д.А. Азрикан, А.А. Грашин, А.Н. Лаврентьев, В.Ф. Сидоренко, Ю.Б. Соловьёв, А.Г. Устинов. Вопросам, касающимся построения проектных классификаций, уделено внимание в работах Е.Я. Сурженко, М.Л. Шатковской.

В качестве объекта дизайна сервисный персональный робот следует рассматривать и с точки зрения проектирования промышленных изделий, и – проектирования средств транспорта. Вопросам дизайнерского проектирования промышленных изделий, выявлению тенденций и проблем промышленного дизайна посвящены работы российских исследователей А.А. Барташевича, И.Т. Волкотруба, Б.Е. Кочегарова, Г.Б. Минервина, М.М. Черных и зарубежных Я. Дитриха, А. Отта, В. Папанека, Э. Тьялве, С. Эппингера. О методологии проектирования транспорта средствами и методами дизайна, формированию его внутренней и внешней структуры писали В.И. Арямов, К.С. Ившин, Е.Н. Лазарев, И.А. Лепёшкин, Н.Е. Розанов, В.А. Умняшкин; вопросам инженерного проектирования кузова транспортных средств большое внимание уделено в трудах Б.Я. Бендерского, Ю.А. Долматовского, В.И. Пескова, А.П. Петрова, В.А. Умняшкина, В.М. Шарипова, а также Дж. Вонга, Ю. Мацкерле, Я. Павловского, Дж. Фентона, В.К. Штробеля. Изучению требований эргономики посвящены работы М. Зелника В.П. Зинченко, М.М. Калиничевой, В.М. Мунипова, А.И. Новикова, Д. Панеро, В.Ф. Рунге, М. Шмидта.

Исследования в области материаловедческих и технологических основ дизайна изделий проведены В.И. Куманиным, В.Ю. Пирайненом, М.Л. Соколовой; повышению качества изделий из металла уделено большое внимание в работах Л.Т. Жуковой.

Впервые вопросам, касающимся художественного проектирования объектов робототехники, посвящены работы А.А. Дубовой, Ю.В. Назарова.

В качестве объектов исследования были рассмотрены сервисные персональные роботы, созданные такими разработчиками, как Осацкий университет, Массачусетский технологический институт, Amazon, iRobot, Toyota, Toshiba, Honda, LG и др.

Исследования, где были бы систематизированы требования дизайна к проектированию сервисной персональной робототехники как объекта дизайна, отсутствуют.

Целью работы является разработка метода формообразования сервисных персональных роботов на основе производственных технологий.

Для достижения цели работы необходимо решить следующие **задачи**:

- 1) обоснование построения методологии проектирования робота как дизайн-продукта;
- 2) разработка методики дизайн-исследования сервисных персональных роботов с применением метода типизации для создания информационной базы данных их существующих объектов и разработки классификатора формообразующих характеристик;
- 3) апробация классификатора для процесса создания формы сервисных персональных роботов на базе существующих производственных технологий и анализ изменений в цикле дизайн-проектирования изделия в результате применения классификатора;
- 4) разработка и создание проектов сервисных персональных роботов с точки зрения проектирования объектов дизайна под оборонно-промышленные предприятия Удмуртской Республики.

Объектом исследования являются сервисные роботы персонального назначения, **предметом исследования** – метод их формообразования с учетом отечественных производственных технологий.

Методология и методы исследования. Работа основана на системном подходе к формированию требований дизайна, относящихся к проектированию сервисной персональной робототехники. При исследовании использовались логические методы и приемы исследования, такие как анализ, обобщение, синтез, аналогия, моделирование, на основе которых собран и систематизирован изучаемый материал, выявлены современные тенденции и проблемы в области формообразования сервисной персональной робототехники; дизайнерский проектный метод дизайн-программ, разработанный во ВНИИТЭ, предназначенный для сценирования функциональных процессов, а также для построения этапов методики дизайн-проектирования робота; метод типизации для сведения созданных и произведенных объектов сервисной персональной робототехники к ограниченному числу избранных типов; методы математической статистики для анализа

собранный информации и формирования на ее основе базы данных; метод проектных классификаций и фасетно-иерархический метод, примененные для типирования формообразующих характеристик сервисных персональных роботов и построения классификации; методы и подходы технической эстетики, теория композиции для проработки внешней формы и эстетических параметров робота; методы антропометрии для учета эргономических требований, предъявляемых к робототехнике; методы инженерного творчества для разработки и отработки конструкции корпуса робота; методы автоматизированного проектирования для построения программного продукта; методы 3D-моделирования для создания визуализации спроектированных объектов в рамках апробации применения классификатора.

Научная новизна выполненной работы заключается в следующем:

1) разработана методика дизайн-исследования сервисных персональных роботов, заключающаяся в типизации существующих объектов робототехники, систематизированных в информационную базу данных, и в формировании на ее основе единого классификатора формообразующих характеристик;

2) разработан классификатор формообразующих характеристик сервисных персональных роботов, позволяющий создать структуру художественных параметров, описывающих формы существующих и разрабатываемых объектов робототехники;

3) научно обоснован рациональный выбор существующих производственных технологий, обеспечивающих создание требуемых формообразующих характеристик и позволяющих на примерах дизайн-проектов сервисных персональных роботов проверить правильность предложенных критериев этих формообразующих характеристик.

На защиту выносятся основные положения работы:

1) метод анализа формы существующих или разрабатываемых объектов сервисных персональных роботов;

2) методические рекомендации выбора технологий для процесса производства объектов сервисных персональных роботов;

3) алгоритмы оценки художественно-технических параметров, описывающих форму разрабатываемого объекта сервисных персональных роботов, представленные в виде электронного программного средства, основанного на комбинаторном принципе проектирования изделия и учитывающего конструкторско-технологические особенности создания изделия на отечественных предприятиях.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разрабатываемый классификатор формообразующих характеристик сервисных персональных роботов представляет собой систему подходов, основанную на классификациях изделий с учетом их функциональных, композиционных, конструктивных и материально-технологических особенностей, и призван обеспечить их идентификацию и систематизацию, а также способствовать сокращению затрат времени на работу дизайнера, конструктора, эргономиста и формированию наиболее эффективного процесса проектирования. Последнее определяет успешность функционирования робототехники, и поэтому решаемая в работе проблема является актуальной научно-практической задачей.

Результаты исследования могут быть использованы как при подготовке учебных материалов для чтения лекций по проектированию и конструированию в предметном дизайне, так и при проектировании изделий на проектно-производственных предприятиях РФ для разработки перспективного сегмента робототехники.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты работы реализованы в дизайн-проектах образцов сервисной робототехники.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных конференциях «Современные техника и технологии» (РФ, г. Томск, НИ ТПУ, 2013), «Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования» (РФ, г. Ижевск, ИжГТУ, 2014), «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» (РФ, г. Пермь, ПНИПУ, 2016), «Международное сотрудничество: интеграция образовательных пространств» (РФ, г. Ижевск, УдГУ, 2016), «Мода и дизайн: исторический опыт — новые технологии» (РФ, г. Санкт-Петербург, СПбГУПТД, 2019); всероссийских конференциях «Молодые ученые — ускорению научно-технического

прогресса в XXI веке» (РФ, г. Ижевск, ИжГТУ, 2013), «Молодежь. Наука. Современность» (РФ, г. Воткинск, филиал УдГУ в г. Воткинске, 2013), «Технология художественной обработки материалов» (РФ, г. Иркутск, НИ ИрГТУ, 2014), «Технология художественной обработки материалов» (РФ, г. Липецк, ЛГТУ, 2016), «Сфера дизайна XXI века. Дизайн и кибернетика» (РФ, г. Москва, МГХПА им. С.Г. Строганова, 2017), «Технология художественной обработки материалов» (РФ, г. Ижевск, ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2018); на научных семинарах кафедры дизайна Удмуртского государственного университета.

Дизайн-проекты сервисной робототехники были выполнены совместно с АО «Ижевский радиозавод» и на базе технопарка «Кванториум» Республиканского центра молодежного инновационного творчества «ТехноТроника» (г. Ижевск).

Исследование было поддержано грантом научно-исследовательских работ (грантов) молодых ученых, преподавателей и обучающихся УдГУ «Научный потенциал» в рамках реализации приоритетов развития УдГУ.

Публикации. По теме исследования опубликованы 19 печатных работ, в том числе 5 статей – в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК, 1 статья – на английском языке в издании, индексируемом в Web of Science, получен 1 патент на промышленный образец, поданы 2 заявки на выдачу патента на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 162 страницы, в том числе 45 рисунков и 16 таблиц. Список литературы содержит 285 наименований, в том числе 240 на русском языке и 45 на иностранных языках. Три приложения составляют 18 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования и степень ее разработанности; определены цель, задачи, объект и предмет исследования; отражена и раскрыта характеристика научной новизны и практической значимости исследования, дана апробация её основных положений.

В **первой главе** «Методология проектирования робота как дизайн-продукта» систематизируется материал по исторической, философской, культурной эволюции развития робототехники, существующим нормативным документам международного и российского уровня, дающим определение понятия «робот» и «сервисный персональный робот» и выделяющим классификации робототехники, рассматриваются методы инженерного и художественного проектирования робототехники, что позволяет выстроить стратегию проектирования робототехники как дизайн-продукта.

Эволюция робототехники. Структура и элементная база, функции и область применения робототехники существенно эволюционировали с момента ее появления. Значительно изменился характер ее использования, поэтому эволюцию ее развития следует рассматривать не только с точки зрения ее исторических поколений, но и образа робота в философской и художественной литературе, кино- и мультфильмах.

Анализ классификаций робототехники. Комитет по робототехнике ISO/TC 299 Международной организации по стандартизации выделяет определенные группы стандартов в области робототехники, которыми надлежит руководствоваться производителям и потребителям: термины и общие положения; персональные обслуживающие роботы; промышленные роботы; сервисные роботы; медицинское электротехническое оборудование. Согласно международному стандарту ISO 8373:2012 «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения», которому соответствует ГОСТ Р ИСО 8373-2014 «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения», под термином «обслуживающий робот (service robot)» понимается «робот, выполняющий полезную работу для людей и оборудования, исключая промышленные задачи по автоматизации». Сервисную робототехнику согласно ГОСТ Р 60.0.0.2-2016 можно разделить на типы в зависимости от области использования и в зависимости от возможности ее передвижения. Термину «персональный обслуживающий робот (personal service robot)» соответствует определение «обслуживающий робот для персонального использования», т.е. робот, используемый для непрофессиональных некоммерческих работ. В качестве объекта исследования в

диссертации рассматриваются персональные обслуживающие роботы для работ по дому, для досуга, а также обеспечивающие безопасность и надзор за домом.

Анализ методов инженерного проектирования робота как средства транспорта. Инженерное проектирование робота, как средства транспорта, тесно связано с его структурным проектированием (конструктивно-компоновочным, планировочным, модульно-комбинаторным). Специфика такой робототехники заключается в том, что, в отличие от средств транспорта, она может выполнять одновременно несколько функций. Поэтому общая структура робота, конфигурация и размеры элементов, их состав и расположение, тип и обработка материалов должны обеспечить хорошую функциональность, эргономичность, надежность в эксплуатации и экономичность в производстве. Дизайнер не имеет возможности произвольно создавать форму робота, данные факторы накладывают на его работу определенные конструктивно-технологические ограничения.

Анализ методов художественного проектирования робота как промышленного изделия. Художественное проектирование робота, выполняющего функции промышленного изделия, связано с поиском и предметным выражением будущего художественного образа. Основная задача, решаемая дизайнером в данном случае, заключается в согласовании внешней, воспринимаемой визуально, формы с внутренней структурой робота, которая зависит от его функциональных параметров и области применения. При этом дизайнер должен очень ясно представлять облик потребителя, который будет использовать данный продукт, и окружающую его среду.

Проектирование робота как дизайн-продукта в контексте промышленного производства. Особенностью методологии в дизайне является направленность проектных действий одновременно и на функциональный, и на художественный результаты. При разработке робота как средства транспорта проектирование идет по схеме функция-технология-морфология, где основное внимание должно быть уделено выбору материала, работе над структурой и эргономикой, при разработке робота как промышленного изделия – по схеме функция-морфология-технология, где в основу ставится работа над фигурами, их положениями в пространстве и образом.

Вторая глава «Разработка методики дизайн-исследования сервисных персональных роботов» демонстрирует разработку алгоритма дизайн-исследования сервисных персональных роботов, в основу которого положен анализ существующих объектов сервисных персональных роботов, объединенный в общую информационную базу данных, и формирование классификатора их формообразующих характеристик.

Разработка алгоритма дизайн-исследования сервисных персональных роботов на основе использования метода типизации. Типизация существующих объектов сервисных персональных роботов по характеристикам, выделяемых производителями и потребителями, выявляет возможность постановки перед дизайнером вопроса о том, как проектировать такой продукт, позволяя сформировать группу факторов, влияющих на процесс формообразования. Последующая обработка полученных данных методами статистического анализа дает возможность создать классификатор формообразующих характеристик с целью его практического применения при дизайн-проектировании сервисной персональной робототехники. На рисунке 1 представлен алгоритм дизайн-исследования роботов.



Рисунок 1 –Алгоритм дизайн-исследования сервисных персональных роботов

Создание информационной базы данных объектов сервисных персональных роботов методом нисходящего проектирования. Существующие объекты сервисных персональных роботов можно объединить в общую информационную базу данных, содержащую описание уникальных характеристик, присущих каждому отдельному объекту. Исходя из анализа информации, предоставляемой производителем потребителю, характеристики можно разделить на группы. Соответственно, информационная база данных будет состоять из трех частей (рисунок 2). Первая часть содержит общую предметную информацию о существующих объектах сервисной персональной робототехники. Вторая – техническую информацию об основных параметрах объекта, которую предоставляет производитель. Третья технологическая часть создается на основе визуального анализа форм объектов.

Такой анализ позволяет не только свести объекты в общую информационную базу, но и выделить факторы, оказывающие влияние на формирование сервисного персонального робота, такие как средовые (время, место, ситуация), базовые (функция, экономика, эргономика, эксплуатация) и формирующие (конструкция, технология, эстетика).

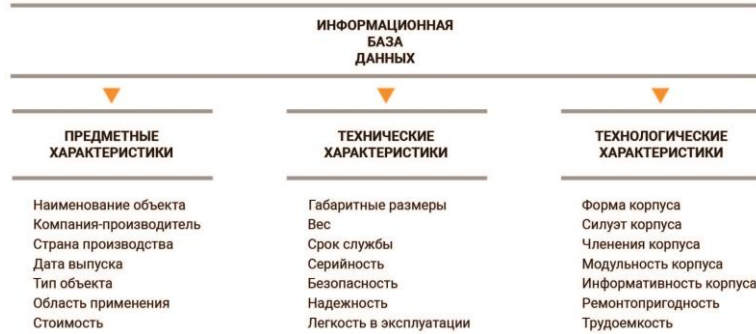


Рисунок 2 – Информационная база данных сервисных персональных роботов

Для определения возможностей и направления разработки сервисных персональных роботов анализируются объекты 289 российских и зарубежных производителей с применением факторного и кластерного анализов и структурно-логического подхода. Факторный анализ проводится с целью определения структуры взаимосвязи между признаками (факторами) и их сокращения с минимальной потерей информации и выполняется на основе анализа групп характеристик объектов информационной базы данных и выделенных в результате факторов, оказывающих влияние на процесс формирования персональной сервисной робототехники.

В качестве объекта исследования рассматривается множество существующих объектов сервисных персональных роботов. Для проведения классификации предлагаются свойства формирующих факторов (таблица 1). Чтобы сократить размерность пространства выделенных свойств, применяется метод главных компонент факторного анализа. Для его использования требуется выполнить анализ сопоставления рассматриваемого множества объектов сервисной робототехники и присущих им свойств формирующих факторов. Свойства могут принимать одно из двух возможных значений. Наличие свойства задано обозначением «1», отсутствие задано «0». Последующая обработка полученных данных осуществляется в программе IBM SPSS Statistics. Предложенные значения коррелируются между собой, что позволяет объединить их по группам в общие факторы (главные компоненты). Графически решение можно представить в виде графика каменистой осыпи, на котором представлены убывающие полученные собственные значения (рисунок 3). После анализа объектов предлагаются следующие четыре фактора: 1) анализ геометрии и моделирование корпуса объекта (свойства 1–4); 2) моделирование конструктивных параметров объекта (свойства 5–9); 3) анализ характеристик элементов объекта (свойства 10–13); 4) стандартизация и унификация объекта (свойства 14–16).

Проведенный структурный синтез существующих объектов сервисных персональных роботов представляет собой множество факторов (MF_0):

$$MF_0 = \left\| \begin{array}{cc} G_1 & G_2 \\ K_1 & K_2 \\ E_1 & E_2 \\ S_1 & S_2 \end{array} \right\| \quad (1)$$

С помощью метода главных компонент факторного анализа выделяются четыре основных фактора, которые характеризуют существующие объекты по основным свойствам.

Для построения классификации формообразующих характеристик объектов по функциональному признаку применяется кластерный анализ. В соответствии с предложенными свойствами (таблица 1), принимающими одно из двух возможных значений, может быть выделено следующее количество объектов:

$$N = 3^s \quad (2)$$

где N – количество объектов; s – число свойств.

Для предложенного количества свойств возможного множества число объектов достигает значения $N=43\ 046\ 721$ (по формуле 2). При наличии такого большого количества свойств требуется сократить их число до меньшего значения, для чего применяется метод k -средних.

Таблица сравнительного анализа рассматриваемого множества объектов сервисной робототехники и присущих им свойств формообразующих факторов загружается в программу IBM SPSS Statistics, где происходит ее дальнейшая обработка. Количество кластеров задано заранее, исходя из результатов факторного анализа, т.е. оно равно четырем. Количество итераций по умолчанию равно десяти. Результаты кластерного анализа представлены в таблице 2. Распределение кластеров представлено на рисунке 4.

В соответствии со свойствами кластерам назначаются определенные наименования характеристик объектов.

По результатам кластерного анализа выделяются определенные критерии характеристик, соответствующие каждому из выделенных кластеров, которые можно объединить в классификатор.

Таблица 1 – Свойства формообразующих факторов

№	Название свойства	Обозн.	Знач.
1	Тип работа	x_1	1/0
2	Форма корпуса	x_2	1/0
3	Силуэт корпуса	x_3	1/0
4	Членения корпуса	x_4	1/0
5	Вес	x_5	1/0
6	Габаритные размеры	x_6	1/0
7	Информативность	x_7	1/0
8	Срок службы	x_8	1/0
9	Ремонтопригодность	x_9	1/0
10	Легкость в эксплуатации	x_{10}	1/0
11	Безопасность	x_{11}	1/0
12	Надежность	x_{12}	1/0
13	Модульность	x_{13}	1/0
14	Серийность	x_{14}	1/0
15	Трудоемкость	x_{15}	1/0
16	Стоимость	x_{16}	1/0

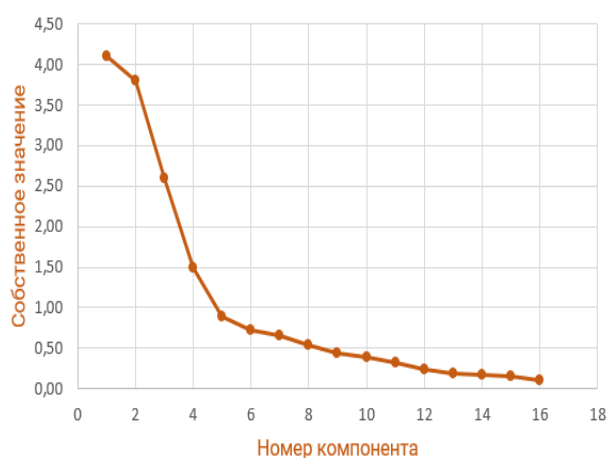


Рисунок 3 – График собственных значений свойств («каменистая осыпь»)

Таблица 2 – Распределение кластеров

Наименование	Число наблюдений
Форма корпуса объекта («Форма»)	99
Конструктивные параметры корпуса объекта («Конструкция»)	82
Характеристики элементов корпуса объекта («Материал»)	62
Унификация элементов корпуса объекта («Технология»)	46
Допустимо	289
Пропущено	0

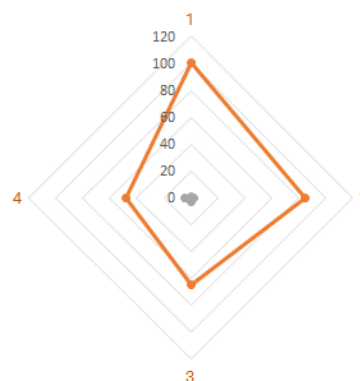


Рисунок 4 – Распределение кластеров

Создание классификатора формообразующих характеристик сервисных персональных роботов фасетно-иерархическим методом. Классификатор выполнен в виде блок-схемы, разделенной на группы, каждая из которых имеет значение формообразующих характеристик, таких как «Форма», «Конструкция», «Материал», «Технология» (рисунок 5). Каждая характеристика имеет свой набор раскрывающих ее типов, которые содержат набор конечных критериев. Их различное сочетание позволяет добиться вариативности форм существующих и разрабатываемых объектов персональной сервисной робототехники. Объединяет все параметры общая формообразующая характеристика «Стиль», как основная эстетическая составляющая при дизайн-проектировании персональной сервисной робототехники.



Рисунок 5– Классификатор формообразующих характеристик

Формализованная информация о каждой реальной и проектируемой форме сервисных персональных роботов в классификаторе представляется в виде комплексных цифровых кодов, описывающих классификационные критерии, которые определяют применимость и эффективное использование этого изделия.

Кодирование информации, т.е. структура и длина комплексного кода, определяющего классификационные критерии изделия и технологию его обработки, осуществляется параллельно-последовательным способом. В начале древа указывается диапазон критериев, соответствующих определенному типу характеристики. Следующим рядом раскрываются типы характеристик. Каждая характеристика имеет четыре типа и разное количество критериев. В общем случае все сводится к моделированию многоуровневой связи «главный—подчиненный» или «общий—конкретный», т.е. моделируется граф без циклов.

Структурированные согласно данного классификатора реальные объекты сервисной персональной робототехники имеют в информационной базе данных свой идентификационный код, что позволяет использовать их в качестве примеров-аналогов при проектировании близких объектов.

При разработке дизайн-проекта изделия дизайнер выбирает критерии характеристик объекта интуитивно на основе своего личного опыта и творческого подхода, в результате время, затраченное на процесс разработки, и качество получившегося изделия сильно зависит от квалификации исполнителя. В общем случае поиск необходимого критерия линейно зависит от общего количества предполагаемых критериев. При использовании классификатора время поиска значительно сокращается благодаря тому, что критерии организованы в древовидную структуру, которая позволяет эффективно производить выбор необходимых параметров (рисунок 6).

Количество операций при прямом переборе K :

$$K = O(N) \quad (3)$$

где N – количество элементов.

Количество операций при поиске по классификатору:

$$K = O((m-1) \cdot \text{Log}_m(N)) \quad (4)$$

где m – количество дочерних узлов, N – количество элементов.

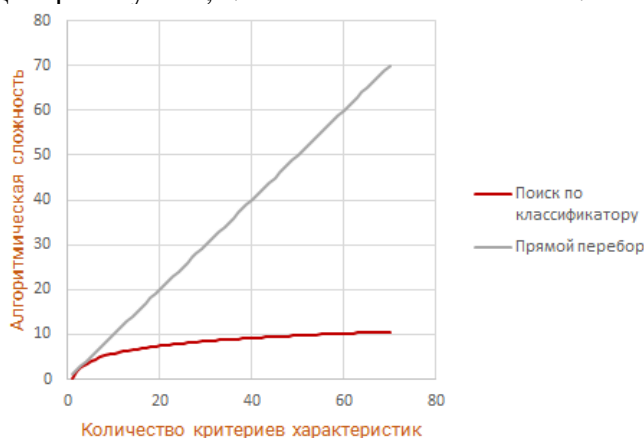


Рисунок 6 – График эффективности выбора критериев характеристик

В эстетическом, статусном отношении стилевое направление, выраженное преимущественно в образности формы, показывает непосредственно работу формы, которая может быть как кристалломорфной, построенной на основе многоугольных или округлых фигур, так и биоморфной, включающей в себя как биоморфные, так и антропоморфные элементы. Визуальный образ-знак в процессе восприятия порождает эмоциональную реакцию и эстетическую оценку, что дает возможность утверждать образность формы в качестве определенного показателя стилевой целесообразности при проектировании дизайн-продукта. Образ робота, прежде всего, должен правильно восприниматься потребителем с точки зрения его психологического восприятия и комфорта. Некоторые часто применяемые образы-знаки формы и их вероятный для большинства людей смысл и эмоциональное содержание приведены на рисунке 7.

ОБРАЗ-ЗНАК И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ				
ФОРМА	ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ	ПРОПОРЦИИ	МАСШТАБ	ЦВЕТ
<ul style="list-style-type: none"> - сфера: внимание, динамичность, обостренный интерес, движение, вращение; - конус, пирамида: надёжность, устойчивость, уверенность; - цилиндр, параллелепипед: спокойствие, статичность, монументальность 	<ul style="list-style-type: none"> - симметрия формы: статичность, неизменяемость, уверенность, спокойствие; - асимметрия формы: зрительное движение; - согласованность элементов формы: целостность, гармоничность; - различие элементов формы: зрительное разрушение формы, дисгармония; - нерасчлененность формы: монументальность, массивность, монументальность, прочность, уверенность, надёжность; - расчлененность формы: сборно-разборность, сборность 	<ul style="list-style-type: none"> - вертикальный элемент формы: акцент, активная сила, привлекает внимание; - горизонтальный элемент формы: спокойствие, пассивность, отсутствие противоборства, постоянство; - прямолинейность формы: статичная конструкция, массивность, цельность, спокойствие; - криволинейность формы: работающая конструкция, упругая напряжённость, увеличенное чувство интереса и впечатления; - золотое сечение: соразмерность, целостность, упорядоченность, чувство гармонии и красоты 	<ul style="list-style-type: none"> - большая темная форма: массивность, устойчивость, надёжность, сила, тяжесть, прочность, работающее, несущее, монументальность; - небольшая светлая форма: неработающее, несомость, лёгкость, непрочность, неустойчивость; - «окантовка» формы: завершенность, статичность, покой, ослабленное чувство интереса и остроты впечатления; - «накопительность» формы: незавершенность, признак динамики, роста, интерес, эмоциональное напряжение 	<ul style="list-style-type: none"> - светлый: увеличение, утяжеление, приближение; - темный: уменьшение, облегчение, удаление; - теплый: возбуждение, возвышение; - холодный: спокойствие, угнетение

Рисунок 7 – Образность формы

Третья глава «Разработка методики выбора производственных технологий в дизайне сервисных персональных роботов» посвящена систематизации существующих материалов и технологий, применяющихся на отечественных производственных предприятиях, разработке алгоритма формообразования сервисных персональных роботов с учетом выбора технологий, что позволяет проверить правильность предложенных во второй главе критериев формообразующих характеристик для создания гармоничной и технологичной формы сервисных персональных роботов в рамках жизненного цикла производства дизайн-продукта.

Анализ материалов и технологий на отечественных производственных предприятиях. Производство корпусных деталей робототехники, являясь частью

машиностроительного комплекса, использует традиционный подход в применении материалов, из чего следует, что основную массу в применяемых материалах будут составлять полимерные и металлические материалы. Используемый материал влияет на конструкцию и форму изделия в целом. Поэтому выбор подходящих материалов, будь то металлический сплав или композиционный материал, зависит от их характеристик, влияющих на процесс формообразования изделия (рисунок 8).

Высокое качество проектируемых и изготавливаемых объектов обеспечивается благодаря использованию такого явления как технологическая наследственность. Управление процессом технологической наследственности ведет к выявлению и сохранению свойств, положительно влияющих на надежность изделия, и вместе с тем к ликвидации свойств, оказывающих отрицательное влияние. Необходимая геометрия форм, гармоничное членение соединений, увеличение надежности, долговечности срока службы изделия, а также его унификация и стандартизация достигаются за счет грамотного выбора его технологии производства. Существует определенная зависимость выбора технологии от применяемого материала (рисунок 9).

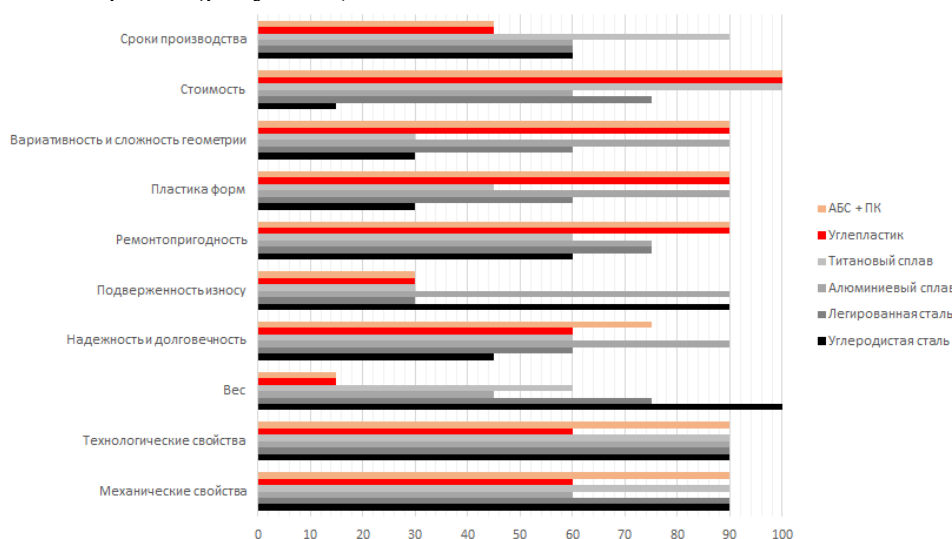


Рисунок 8 – Сравнительная характеристика материалов

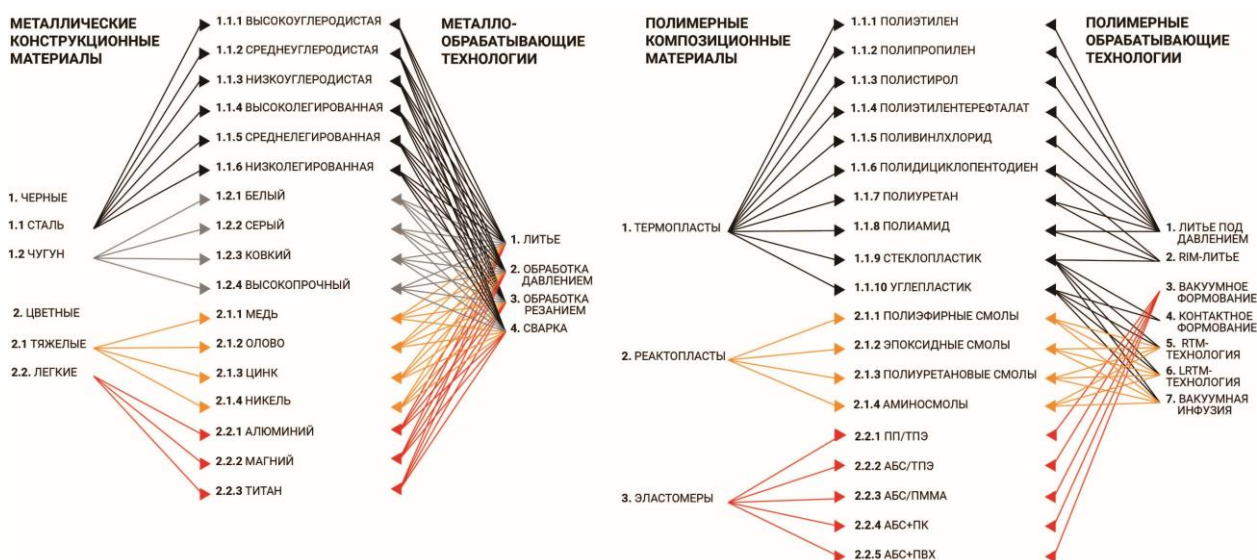


Рисунок 9 – Выбор материала в зависимости от технологии производства

Разработка алгоритма формообразования сервисных персональных роботов с применением методики дизайн-исследования. На этапе обращения к классификатору и информационной базе данных одним из самых важных шагов является сравнение проектных параметров с существующими массивами форм, конструкций, материалов и технологий. В условиях современного рынка и ситуации с отечественными предприятиями промышленного

комплекса необходимо, одновременно с развитием их конструкторско-технологического оснащения, осуществлять грамотный выбор средств и способов, способствующих поддержанию национальной технологической среды.

Структуру алгоритма формообразования объектов сервисных персональных роботов на основе использования методики дизайн-исследования можно представить в виде следующих этапов (рисунок 10): 1) Получение исходных данных объекта; 2) Анализ композиционно–конструктивных особенностей объекта согласно критериев характеристик классификатора: «Форма», «Конструкция», «Технология», «Материал», «Стиль»; 3) Сравнение выделенных критериев характеристик с существующими объектами сервисных персональных роботов; 4) Выявление рекомендованных параметров проектных вариантов объекта и построение их условных схем.

Разработка алгоритма выбора технологий для формообразования сервисных персональных роботов. Главными принципами определения потребности в оборудовании являются: номинальная мощность оборудования, возможности данного оборудования (степень нагрузки на различных технологических этапах производства), степень загрузки оборудования (количество машино-часов работы каждой из групп оборудования), плановая производственная программа. В связи с этим логично разделить систему выбора технологий на подсистемы исходя из технологического и экономического факторов.

В состав системы выбора технологий входят три подсистемы: подсистема подбора технологического оснащения; подсистема нормирования; подсистема выбора экономически эффективного оснащения (рисунок 11).

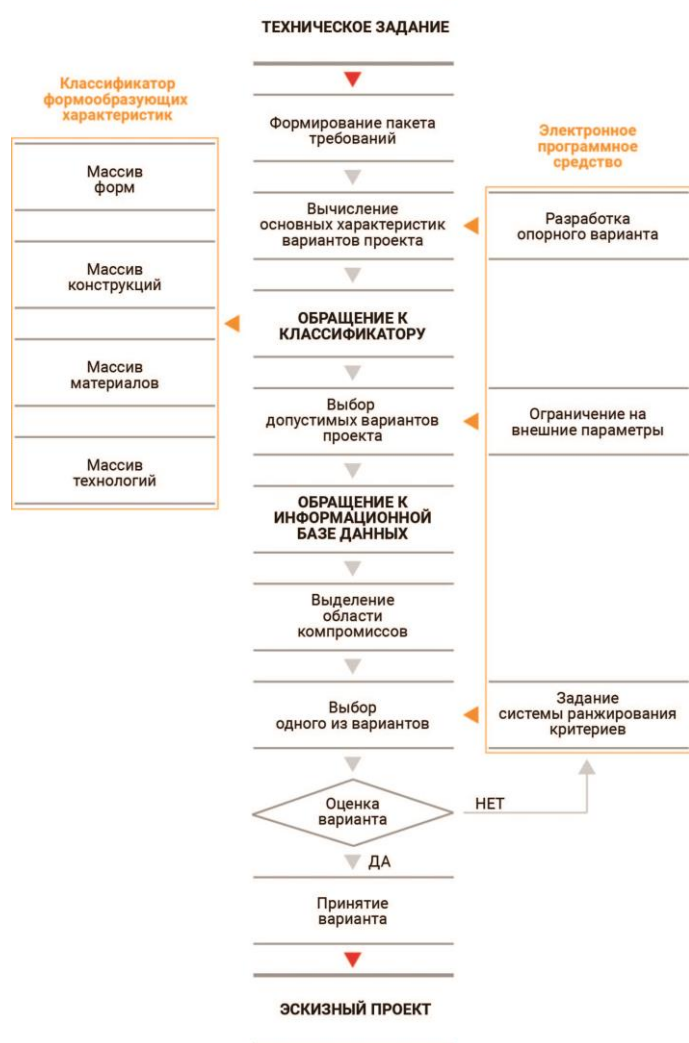


Рисунок 10 – Алгоритм формообразования с применением методики дизайн-исследования

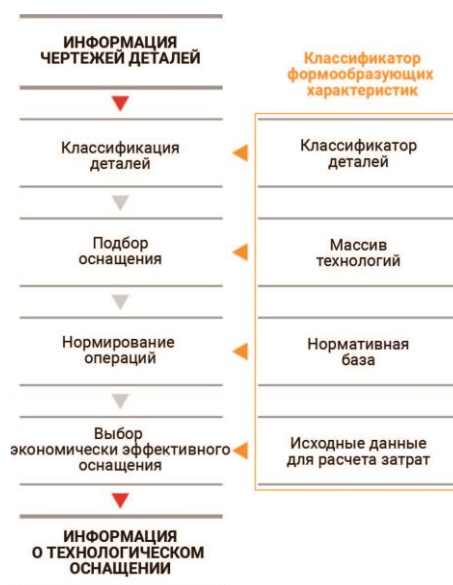


Рисунок 11 – Алгоритм выбора технологий для формообразования

Оценка жизненного цикла производства сервисных персональных роботов. Модель жизненного цикла изделия содержит три стадии: стадию разработки концепции; стадию технической разработки; стадию пост-разработки. В силу большой социальной вовлеченности сервисной персональной робототехники значение имеет изучение мнений и желаний, работы и образа жизни пользователей. Фактором, влияющим на решение о приобретении пользователем робота, может быть ярко выраженная функциональная или эмоциональная потребность; фактором, учитывающим условия его эксплуатации – удобство использования, заключающееся в простом дизайне, эргономичном пользовательском интерфейсе; фактором, вызывающем желание приобрести новый продукт производителя, может быть грамотное соотношение качества и стоимости. Любое дизайнерское решение является компромиссом между поставленными задачами и влияющими на решение факторами. Поэтому постоянной целью на всех уровнях производства должно быть стремление удовлетворить запросы потребителя путем непрерывного улучшения качества для повышения конкурентоспособности предприятия, что достигается грамотным подходом к проектированию и жесткой временной и экономической оценкой производства продукции.

В четвертой главе «Разработка и создание дизайн-проектов сервисных персональных роботов под предприятия Удмуртской Республики» продемонстрирована апробация применения методик дизайн-исследования и выбора производственных технологий в дизайн-проектах сервисных персональных роботов.

На рисунке 12 представлены примеры дизайн-проектов сервисных персональных роботов. Охранный робот (автор Р. Семенов, руководитель К. С. Ившин) является стационарным неподвижным устройством, который должен оперативно и гарантированно извещать хозяина или правоохранительные службы о несанкционированном проникновении. Охранно-патрульный робот (авторы Н. Ильин, Е. Антипина, руководитель К.С. Ившин) является охранной системой, которая выполняет патрулирование по заданному периметру, в процессе выполнения производит наблюдение и передает операцию в командный пункт. Робот-помощник (автор А. Башарова, руководитель К.С. Ившин) является мобильным домашним помощником, который взаимодействует с людьми, управляет другими электронными устройствами «умного дома», осуществляет контроль за происходящим и реализует представительские функции.



Рисунок 12 – Применение методик дизайн-исследования и выбора производственной технологии в дизайн-проектах сервисных персональных роботов

Апробация применения методики дизайн-исследования в дизайн-проектах сервисных персональных роботов. Формообразование данных объектов сервисной персональной робототехники начинается с получения технического задания на проектируемый объект. Заданные параметры позволяют при помощи информационной базы данных, содержащейся в электронном программном средстве, осуществить поиск существующих похожих объектов и построить базовые условные схемы, основанные на комбинаторном принципе евклидовых фигур, которые могут быть в дальнейшем использованы для выполнения поисковых вариантов форм. Такая предварительная работа позволяет построить электронные трехмерные модели, состоящие из набора примитивов и являющиеся основой для дальнейшей проработки формы корпуса сервисного персонального робота.

Апробация применения методики выбора производственной технологии в дизайн-проектах сервисных персональных роботов. Выбор технологий для производства робота основывается на конструктивном анализе деталей его корпуса, что позволяет подобрать производственное оборудование, оснастку и инструмент из номенклатуры производства. На основе этих данных строится его технологический процесс производства. Подготовка производства включает в себя также экономический расчет для поиска необходимого баланса себестоимости продукции с учетом требуемого качества и заданного техническим заданием количества.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Определено место дизайна в проектировании робототехники на основании анализа международных и отечественных классификаций, а также подходов к проектированию промышленных изделий и средств транспорта; это позволяет выявить степень вовлеченности дизайнера в процесс проектирования и дает возможность выделить тип робототехники, являющийся максимальным объектом приложения его сил; работа по проектированию этого типа робототехники способствует гуманизации материально-вещественных объектов, учету параметров адекватных природе человека и общественной среде, в которой роботы такого типа находятся.

2. Разработана методика дизайн-исследования сервисных персональных роботов, учитывающая влияние на процесс их формообразования большого числа производственных факторов, результатом применения которой является создание классификатора, посредством чего осуществляется грамотный выбор художественных параметров, определяющих дальнейшую форму проектируемого изделия.

3. Разработаны методические рекомендации для дизайн-проектирования сервисных персональных роботов под применяющиеся в отечественном оборонно-промышленном комплексе материалы и технологии, которые позволяют создавать конкурентоспособные наукоемкие изделия гражданского назначения в рамках Плана мероприятий по развитию конкуренции в отраслях экономики РФ и переходу отдельных сфер естественных монополий из состояния естественной монополии в состояние конкурентного рынка на 2018-2020 годы.

4. Предложенные в данной работе методики исследования и создания формы объектов робототехники не требуют большого временного и экономического ресурса и позволяют выполнять рутинные работы по анализу и синтезу объемно-пространственной структуры и тектоники, что значительно упрощает творческий процесс.

5. Разработано электронное программное средство для обеспечения трансляции дизайнерских предложений по формообразованию сервисных персональных роботов, основанное на комбинаторном принципе проектирования изделия и учитывающее конструкторско-технологические особенности создания изделия на отечественных предприятиях.

6. Разработаны решения, которые демонстрируют возможности применения данных методик в проектах охранного и охранно-патрульного роботов, выполненных совместно с АО «Ижевский радиозавод», и проекте робота-помощника для дизайн-хакатона Сколково.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

Статьи в журналах, индексируемых в Web of Science и ВАК РФ:

1. Antipina E.V. Classification system of shaping characteristics of personal service robots / E.V. Antipina, K.S. Ivshin // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. – 2019. – Vol.10 (14). – С. 1-9.
2. Антипина Е.В. Формообразование робота как дизайн-продукта [Электронный ресурс] / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Архитектон: известия вузов. – 2020. – №1(69). – URL: http://archvuz.ru/2020_1/18.
3. Антипина Е.В. Методика дизайн-исследования сервисных персональных роботов / Е.В. Антипина // Дизайн. Материалы. Технология. – 2019. – №3 (55). – С. 20-25.
4. Антипина Е.В. Эргономические составляющие дизайна робототехники / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Дизайн и технологии. – 2018. – №63 (105). – С. 6-13.
5. Антипина Е.В. Композиционное формообразование робототехники / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Дизайн. Теория и практика. – 2015. – № 20. – С. 76-86.
6. Антипина Е.В. Принципы дизайн-проектирования робототехники / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Дизайн и технологии. – 2015. – №50 (92). – С. 6-10.

Статьи в научных журналах и сборниках:

7. Антипина Е.В. Костюм как форма культурного интерфейса социальных роботов / Е.В. Антипина // Мода и дизайн: исторический опыт — новые технологии: мат. XXII междунар. науч. конф. / СПбГУПТД. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 252-256.
 8. Антипина Е.В. Человек и робот: система эргатических взаимоотношений / Е.В. Антипина // Сфера дизайна XXI века. Дизайн и кибернетика: мат. VII Всероссийской науч.-практ. конф. / МГХПА им. С.Г. Строганова. – Москва, 2017. – С. 16-23.
 9. Антипина Е.В. Особенности дизайн-проектирования наземных транспортных роботов / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2016. – № 2. – С. 43-57.
 10. Антипина Е.В. Вопросы дизайна наземных транспортных роботов / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: мат. междунар. науч.-практ. конф. / ПНИПУ. – Пермь, 2016. – № 2. – С. 47-52.
 11. Антипина Е.В. Кристалломофизм как морфологическое основание организации форм промышленных изделий / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Технология художественной обработки материалов: мат. II всерос. науч.-практ. конф. / ЛГТУ. – Липецк, 2016. – С. 37-46.
 12. Antipina E.V. The Particular Qualities of Robotics Shaping / E.V. Antipina, K.S. Ivshin // Mathematical Design & Technical Aesthetics. – 2014. – Vol. 2. – № 1. – pp. 54-70.
 13. Антипина Е.В. Функциональная классификация как основа дизайн-проектирования робототехники / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Технология художественной обработки материалов: мат. XVII Всероссийской науч.-практ. конф. / НИ ИрГТУ. – Иркутск, 2014. – С. 29-34.
 14. Антипина Е.В. Робот как дизайн-продукт / Е.В. Антипина // Современная техника и технологии: мат. XIX междунар. науч.-практ. конф. Т. 3 / НИ ТПУ. – Томск, 2013. – С.276-277.
 15. Антипина Е.В. Роль факторов в разработке классификатора формообразующих характеристик сервисной персональной робототехники / Е.В. Антипина // Технология художественной обработки материалов: мат. XXI Всероссийской науч.-практ. конф. и смотра-конкурса творч. работ студентов, магистров и аспирантов / ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – Ижевск, 2018. – С. 252-256.
 16. Антипина Е.В. Инновационные производственные технологии в дизайн-образовании / Е.В. Антипина, К.С. Ившин, В.А. Умняшкин //Международное сотрудничество: интеграция образовательных пространств: мат. III междунар. науч.-практ. конф. / УдГУ. – Ижевск, 2016. – С. 116-120.
 17. Антипина Е.В. Разработка системы методов инжиниринга в дизайне роботов специального назначения / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования: мат. VI междунар. конф. / ИжГТУ. – Ижевск, 2014. – С. 208-211.
 18. Антипина Е.В. Особенности классификации в дизайн-проектировании робототехники / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке: мат. II всерос. науч.-техн. конф. / ИжГТУ. – Ижевск, 2013. – С. 1006-1010.
 19. Антипина Е.В. Этапы развития роботостроения / Е.В. Антипина, К.С. Ившин // Молодежь. Наука. Современность: мат. VIII науч.-практ. конф. / ф-л УдГУ в г. Воткинске. – Воткинск, 2013. – С. 9-11.
- Патенты:*
20. Патент 119830. Российская Федерация, МКПО 12-13, 15-99. Охранно-патрульный робот: № 2019502812; заявл. 04.07.2019; опубл. 21.05.2020 / К. С. Ившин, Е. В. Антипина. – 2 с.
 21. Охранно-патрульный робот: заявка на пат. на полезную модель, Рос. Федерация: МПК B25J5/00, B62D63/02, B25J09/00 / Ившин К.С., Антипина Е.В. – № 2019120379; заявл. 01.07.2019.
 22. Охранно-патрульный робот: заявка на пат. на полезную модель, Рос. Федерация: МПК B25J5/00, B25J09/00, B62D63/02 / Ившин К.С., Антипина Е.В. – № 2020116357; заявл. 19.05.2020.