

DOI: 10.15593/24111678/2016.02.4

УДК 658.512

**К.С. Ившин, Е.В. Антипина**

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

## **ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ РОБОТОВ**

Значимость робототехники в современной жизни человека неуклонно растет, в связи с чем возникает необходимость рассмотрения принципов формообразования роботов, особенно наземных транспортных – как одного из наиболее распространенных и быстроразвивающихся типов робототехники. Форма в настоящее время становится качественной составляющей, необходимой для определения уровня и развитость продукта. В связи с целью работы, которая предполагает исследование специфики формообразования наземной транспортной робототехники, задачи данной статьи определяются следующим образом. Во-первых, необходимо выявить основные виды форм существующей робототехники и определить факторы, влияющие на ее формообразование, тем самым показав зависимость видов форм от выявленных факторов. Во-вторых, следует установить основные методы дизайн-проектирования робототехники и обозначить взаимосвязь выбора метода дизайн-проектирования от выделенных факторов формообразования. В-третьих, построить для каждого метода дизайн-проектирования алгоритм формообразования робототехники. В-четвертых, на основании разработанной методики провести апробацию на примере наземного транспортного робота. Методы, используемые в данной методике, базируются на методе проектных классификаций, инженерных методах проектирования робототехники и методах дизайн-проектирования транспорта, как наиболее близкого по назначению к наземной транспортной робототехнике. Данные методы опираются на основы системного проектирования, категории и подходы теории дизайна, научные основы машиностроения и теоретические основы САПР. Предлагаемая методика дизайн-проектирования робототехники способствует повышению эффективности и конкурентоспособности за счет обеспечения высокого уровня технологической и эргономической проработки и соответствия эстетическим критериям при отработке конструкции начиная с ранних этапов проектирования.

**Ключевые слова:** дизайн-проектирование, робототехника, транспортные средства, классификация, методы, формообразование, алгоритм.

**K.S. Ivshin, E.V. Antipina**

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

## **DESIGN FEATURES OF GROUND ROBOTIC VEHICLES**

The importance of robotics is increasing steadily in modern human life, due to the fact there is a need to consider the form-making features of robots, especially ground robotic vehicles, as one of the most common and high developing types of robotics. The form is becoming now the qualitative characteristic, which needed in order to determine the level and maturity of the product. In connection with the purpose of the work, which involves the study of the specificity of form-making of ground robotic vehicles the article tasks are defined as follows. Firstly, it is necessary to identify the main types of forms of existing robotics and determine the factors that affect on its morphogenesis, thus to show the dependence of robotic forms on identified factors. Secondly, it is required to establish the basic methods of robotic design and highlight the relationship on choose the design method of dedicating form-making fac-

tors. Third, it takes to build an algorithm of robotic form making for each design method. Fourth, it is necessary to show an example of design of ground robotic vehicle on the basis of the developed method. The methods used in the proposed methodology are the method of design classifications, the engineering methods of robotics design and design methods of transport as the most similar for the purpose intended to the ground robotic vehicles. These methods are based on the system design principles, the categories and approaches of design theory, the scientific foundations of engineering technology, and theoretical foundations of CAD. This method of robotic design improves efficiency and competitiveness by ensuring a high level of technological and ergonomic study and compliance with aesthetic criteria when developing the design from the early design stages.

**Keywords:** engineering design, robotics, vehicles, classification, methods, shaping, algorithm.

Робототехника является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса, с помощью которого возможно создавать высокоэффективное производство с минимальными издержками и высоким качеством продукции. Ее можно рассматривать и с другой позиции – не только как средство производства, но и как его объект. С инженерно-конструкторской точки зрения робототехника непрерывно совершенствуется, однако дизайном робототехники занимается либо непосредственно инженер, работающий с корпусом объекта, либо дизайнер, прорабатывающий форму робота, исходя из собственного опыта и личных представлений. Анализ теорий роботостроения и дизайна позволяет сформулировать основные аспекты проектирования робототехники, которыми надлежит руководствоваться дизайнеру, вовлеченному в процесс ее создания [1]. Внешний вид и конструкция современных роботов могут быть разнообразными – начиная от огромных промышленных манипуляторов и заканчивая миниатюрными биоморфными роботами. Особый интерес в формообразовании представляют наземные транспортные роботы, сочетающие в себе методы и подходы к формообразованию изделий и транспортных средств одновременно.

Основная проблема формообразования данных роботов заключается в их многообразии. Именно данный фактор обусловил настоятельную необходимость анализа, систематизации и сведения методов формообразования в единую доступную систему для применения в дизайн-проектировании.

Специфика проектирования робототехники заключается в том, что формообразование машины, состоящей из множества элементов и подсистем, находящихся в тесном взаимодействии друг с другом, подчиняется определенным технологическим принципам и зависит от множества взаимозависимых факторов. Дизайнер не может произвольно формировать внутреннюю и внешнюю форму машины, он должен действовать в рамках определенных конструктивно-технологических

ограничений [2]. Художественное (морфологическое) проектирование связано с поиском и предметным выражением художественного образа будущей машины. Основная задача, решаемая дизайнером, заключается в согласовании внешней, воспринимаемой визуально, формы с внутренней структурой машины, ее функцией и назначением, обликом потребителя и окружающей среды [3].

Вопросы формообразования робототехники решаются в основном на стадии морфологического анализа, когда выполняется композиционно-пластическая и знаково-символическая, стилистическая и эстетическая проработка формы проектируемого объекта. Композиционно-пластический анализ основывается на рассмотрении тектоники, объемно-пространственной структуры и цветопластики проектируемой робототехники. Анализ тектоники состоит в проработке типов материала и типов конструкции, видов форм.

Формы объектов природы можно разделить на формы объектов органического и неорганического мира. В первом случае таким объектам присущи простые, симметричные, угловатые формы, во втором – изогнутые, мягкие и пластичные формы. Эти признаки формообразования применимы и для объектов предметной среды. Элементы объектов органических (пластичных) и неорганических (кристаллических) объектов природы используются в изделиях материального мира [4]. Поэтому можно выделить в предметной среде такие морфологические основания организации формы, как *кристалломорфизм* [5], характеризующийся жесткостью и угловатостью, и *биоморфизм*, характеризующийся мягкостью и пластичностью [4].

Вышеприведенная классификация форм объектов предметной среды применима и в отношении робототехники как области производства объектов материального мира. В соответствии с данной классификацией для кристаллических объектов предметной среды характерны объекты робототехники геометрических форм, для пластичных объектов предметной среды – объекты робототехники скульптурных форм. Объекты геометрических форм классифицируются по характеру стереометрических очертаний. Первая группа геометрических форм образуется параллельно-перпендикулярными плоскостями, вторая – плоскостями, имеющими неперпендикулярные грани, третья – телами вращения и формами, образованными криволинейными поверхностями, четвертая – сложными стереометрическими фигурами, имеющими прямолинейные и криволинейные поверхности [6]. Объекты скульп-

турных форм подразделяются на биоморфные и антропоморфные. Биоморфные и антропоморфные роботы – это роботы, в конструкции которых используются идеи, берущие за основу сущность и строение природных объектов и человеческого организма [7]. Это одни из самых перспективных и активно развивающихся направлений робототехники. На рис. 1 представлена описанная классификация робототехники по формам.

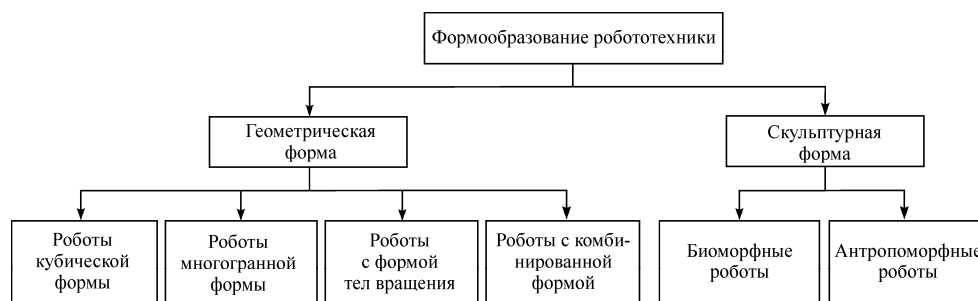


Рис. 1. Классификация робототехники по формам

Как известно, внешний вид изделия зависит от величины, формы, фактуры и цвета. Первые два фактора определяются такими условиями, как выполняемая функция (функции), объем и свойства материала, а также способ производства изделия [8]. Важную роль в системе формообразующих факторов играет выявление определенных взаимосвязанных эксплуатационных функций, выполняемых изделием, которые являются базовыми [9]. Определению функций на самых начальных стадиях проектирования способствует постановка проектных задач [10]. В процессе решения проектных задач дизайнеру всегда приходится упорядочивать и систематизировать проектный материал и содержание проектной ситуации. Действенным средством систематизации является классификация [10]. Одна из наиболее общих классификаций, используемых в практике дизайна, – классификация объектов по областям применения [11]. В зависимости от типов проектных задач можно выделить следующие типы конструктивных схем, характерных для робототехники [10]: роботы с простой и сложной пластической формой и объемно-пространственной структурой, роботы-орудия и роботы – транспортные средства [12]. Форма робота напрямую зависит от реализуемых задач в определенной области деятельности посредством необходимых и достаточных инструментов и средств. Функциональными факторами, влияющими на построение формы изделия, яв-

ляются область применения робототехники, ее тип и тип ее конструктивной схемы. На рис. 2 приведена зависимость форм робототехники от таких факторов, как область применения, тип робототехники и тип ее конструктивной схемы. Данная схема составлена на основе анализа существующей робототехники и характерных для нее видов форм.

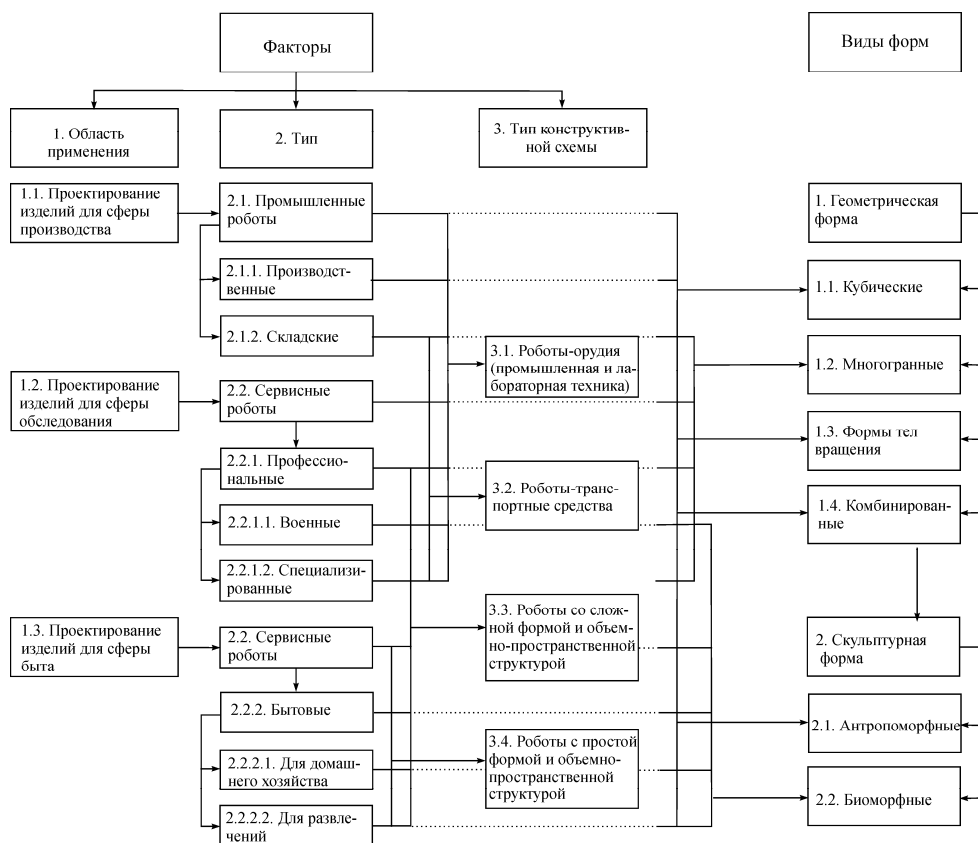


Рис. 2. Зависимость форм робототехники от различных факторов

Согласно данным классификациям наземные транспортные роботы относятся к сфере проектирования изделий для сферы обслуживания и могут быть как промышленными складскими, так и сервисными профессиональными, военными и специализированными. В силу широкого круга выполняемых задач наземные транспортные роботы промышленного, профессионального и военного назначения имеют жесткую, угловатую, симметричную, предельно простую и четко организованную форму, т.е. проектируются по геометрическому типу форм. Однако некоторая военная и специализированная наземная транспорт-

ная робототехника, имеющая более узкое назначение и ограниченный набор поставленных задач, которую необходимо вписать в окружающую среду, требует биоморфного, а иногда и антропоморфного решения форм изделия.

Особенностью методологии в дизайне является направленность проектных действий одновременно и на функциональный, и на художественный результаты, причем иерархия соответствующих установок и путей их достижения может меняться в процессе работы. Это означает, что метод и методика дизайнера должны содержать элементы, синтезирующие возможности и инженерно-технического, и художественного творчества, что предопределяет специфику его подготовки и технологии профессиональной работы [13]. В результате инженерного проектирования определяются внешний вид и структура изделия [1], так называемая «технологическая форма», которая показывает результат осуществления в дизайн-процессе проекции технологического процесса на материал вещи [14]. Категории инженерного проектирования – это функция, конструкция, материал и технология [10]. Художественное проектирование связано с поиском и предметным выражением художественного образа будущей машины [1], художественно-композиционного решения, построенного под влиянием культурных образцов, стилевых тенденций и на основе творческого учета определенных закономерностей композиционной гармонии, т.е. с определением «художественной формы» [14]. Основными рабочими категориями художественного проектирования являются образ, форма, эстетическая выразительность [15]. Методы проектирования робототехники с точки зрения дизайна делятся на два – функциональный (инженерный) и художественно-образный. Выбор метода дизайн-проектирования робототехники также можно рассматривать с позиции зависимости от базовых функциональных факторов [9]. Положение робота в классификации робототехники по областям применения, ее типам и типам ее конструктивной схемы влияет на выбор метода дизайн-проектирования и определяет алгоритм формообразования изделия. Зависимость выбора метода дизайн-проектирования робототехники от базовых факторов показана на рис. 3.

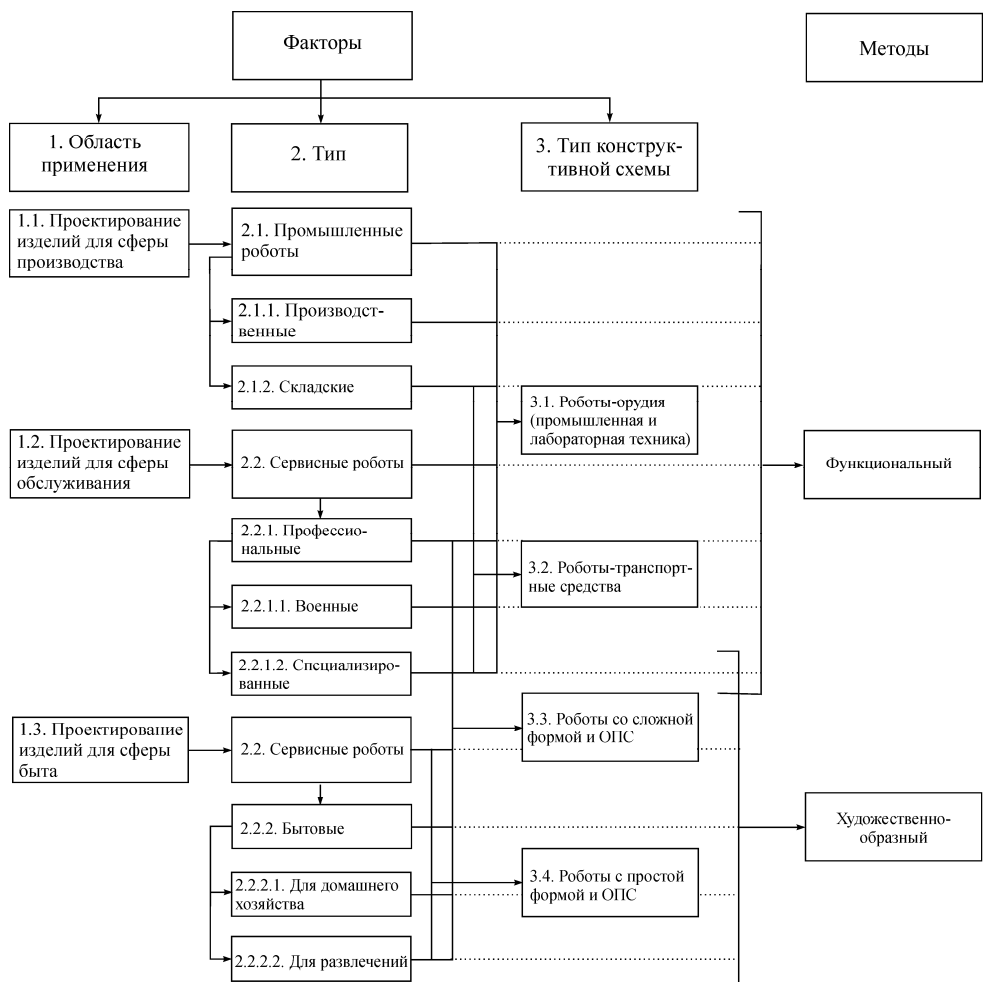


Рис. 3. Зависимость выбора метода дизайн-проектирования робототехники от факторов

Алгоритмы формообразования робототехники имеют различия в силу того, что выбор конкретного метода устанавливает определенную последовательность этапов дизайн-проектирования. В функциональном методе дизайн-проектирования первоначально выявляется пакет инженерных и эргономических требований к изделию, отработка художественной концепции выполняется после проработки этих этапов. Функция и конструкция изделия определяют его конечную форму. При любом несоответствии техническим параметрам внешняя форма должна быть приведена в соответствие инженерным требованиям. Анализ конструкции изделия также проводится с помощью метода проектных классифи-

каций, для чего используется инженерная классификация робототехники, предложенная руководителем Специального конструкторско-технологического бюро прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана А.Ф. Батановым [16]. Основными эргономическими требованиями при данном методе проектирования являются надежность и ремонтпригодность изделия. В художественно-образном методе образ изделия выражается через технологии, материал и конструкцию, поэтому морфологический этап предшествует технологическому. Эстетические параметры определяют выбор конструкции и эргономики проектируемого изделия. Стилистическое решение должно подчеркнуть функциональное назначение изделия и вписать его в окружающую среду.

Форма наземных транспортных роботов определяется в основном по функциональному методу проектирования, в силу того что наземные транспортные роботы промышленного складского и сервисного профессионального, военного назначения имеют большее распространение по сравнению с сервисными специализированными. На рис. 4 приведен алгоритм формообразования корпуса наземных транспортных роботов при функциональном методе дизайн-проектирования.

Разработанные методологические основы дизайна наземных транспортных роботов апробировались в проекте охранно-патрульного робота совместно с ОАО «Ижевский радиозавод». Проект данного робота представлен на рис. 5.

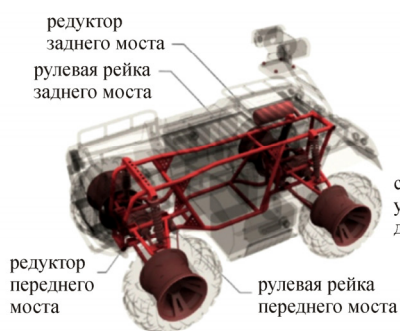
Охранно-патрульный робот совершает рутинную патрульную работу по заданному периметру, доставляя информацию о происходящем в оперативный центр, т.е. он создается с сервисной целью, относясь к изделиям для сферы обслуживания, и по типу робототехники относится к военным наземным транспортным роботам. Соответственно, будет разрабатываться по функциональному методу проектирования. Это означает, что технологические и конструктивные особенности создают морфологию объекта, а эргономические требования оказывают влияние на внешнюю конструкцию робота таким образом, что корпус проектируется с учетом более удобного доступа к роботу с целью обслуживания и ремонта. В основе формы лежит идея ощущения устойчивости и надежности. Для этого кузов имеет общий силуэт на основе прямоугольника, т.е. тип использующейся формы – геометрический кубический, но при этом составляющие этот силуэт членения делают форму сложной и конструктивной, подчеркивающей назначение данного робота.



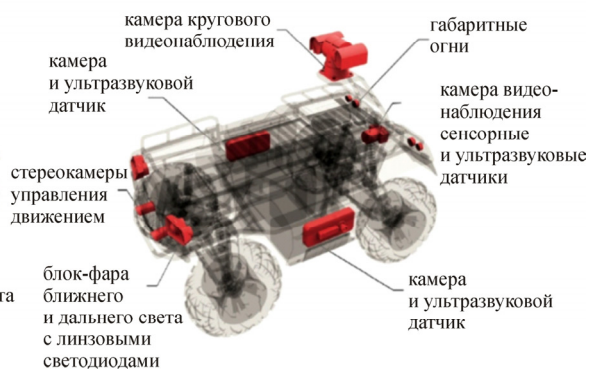




**Силовой каркас**



**Схема датчиков и приборов наблюдения**



**Рентген-схема**

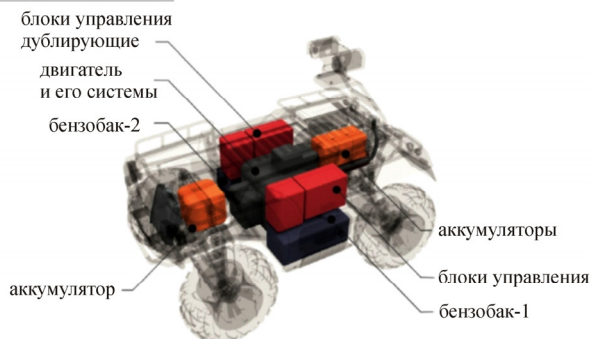


Рис. 5. Проект охранно-патрульного робота

**Выводы**

1. Анализ существующих классификаций формообразования объектов предметной среды дает возможность применить их в отношении роботов как объектов материального мира и конкретизировать виды форм, характерные для существующей робототехники.

2. При классификации объектов по проектным задачам и классификации робототехники по областям применения и типам конструктивных схем выделяют функциональные факторы, влияющие на формирование робототехники, что позволяет построить зависимость между базовыми факторами и видами форм робототехники. Благодаря установленной зависимости между базовыми факторами и формами робототехники определяется место наземной транспортной робототехники среди классов проектных задач и в классификации роботов по областям применения. Это очерчивает круг видов форм, характерных для наземных транспортных роботов.

3. Двум типам связи между подходами дизайнерского проектирования соответствуют два метода дизайн-проектирования – *функциональный (инженерный)*, когда функция и конструкция изделия определяют конечную форму изделия, и *художественно-образный*, состоящий в том, что образ изделия выражается через технологии, материал и конструкцию. Строится зависимость выбора метода дизайн-проектирования от выявленных функциональных факторов, что позволяет обозначить метод дизайн-проектирования для каждого типа наземной транспортной робототехники.

4. Выделенные методы дизайн-проектирования дают возможность построить алгоритмы формообразования корпуса изделия. При функциональном методе дизайн-проектирования технологический этап предшествует морфологическому, при художественно-образном методе образ определяет конструкцию и эргономику изделия.

5. Разработанная методика апробирована на примере наземного транспортного робота. Определено место наземного транспортного робота в классификациях робототехники, что позволяет выбрать метод дизайн-проектирования, последовательно проработать этапы проектирования, подобрать способ формообразования и определить форму корпуса изделия.

### Список литературы

1. Антипина Е.В., Ившин К.С. Робот как дизайн-продукт // Современные техника и технологии: материалы XIX междунар. науч.-практ. конф. / Нац. исслед. Томск. политехн. ун-т. – Томск, 2013. – Т. 3. – С. 276–277.

2. Мосоров А.М., Мосорова Н.Н. Теория дизайна. Проблемы онтологического и методологического знания. – Екатеринбург: Печатный дом «Солярис», 2004. – 412 с.

3. Барташевич А.А. Основы художественного конструирования: учебник для вузов. – Минск: Высшая школа, 1984. – 224 с.

4. Захаров А.И., Кухта М.С. Особенности формообразования предметно-функциональных структур в дизайне // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321, № 6. – С. 204–209.

5. Luminet J.-P. Science, art and geometrical imagination // The Role of Astronomy in Society and Culture: Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium. – 2011. – Vol. 260. – P. 248–273.

6. Художественное проектирование / Б.В. Нешумов [и др.]. – М.: Просвещение, 1979. – 175 с.

7. Антипина Е.В., Ившин К.С. Разработка системы методов инжиниринга в дизайне роботов специального назначения // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования: материалы VI междунар. конф. / ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – Ижевск, 2014. – С. 208–211.

8. Проектирование и моделирование промышленных изделий: учебник для вузов / С.А. Васин, А.Ю. Талащук, В.Г. Бандорин, Ю.А. Грабовенко, Л.А. Морозова, В.А. Редько; под ред. С.А. Васина, А.Ю. Талащука. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 692 с.

9. Лепешкин И.А. Закономерности формообразования в дизайне транспортных средств: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Моск. гос. ун-т приборостроения и информатики. – М., 2012. – 20 с.

10. Методика художественного конструирования / Ю.Б. Соловьев, В.Ф. Сидоренко, Л.А. Кузьмичев [и др.]; под общ. ред. Ю.Б. Соловьева, В.Ф. Сидоренко [и др.]. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 166 с.

11. Антипина Е.В., Ившин К.С. Особенности классификации в дизайн-проектировании робототехники // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке: материалы II всерос. науч.-техн. конф. / ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – Ижевск, 2013. – С. 1006–1010.

12. Antipina E.V., Ivshin K.S. The Particular Qualities of Robotics Shaping // Mathematical Design & Technical Aesthetics. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 54–70.

13. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник / Г.Б. Минервин, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов [и др.]; под общ. ред. Г.Б. Минервина, В.Т. Шимко. – М.: Архитектура-С, 2004. – 288 с.

14. Новиков Н.В. Конструирование в академическом дизайне. – СПб.: Роза мира, 1998. – 56 с.

15. Петров А.П. Основы эргономики и дизайна в автомобилестроении: учебное пособие. – Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2004. – 163 с.

16. Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические комплексы для обеспечения специальных операций // Специальная техника. – 1999. – № 6. – С. 10–17.

### References

1. Antipina E.V., Ivshin K.S. Robot kak dizain-produkt [Robot as product of design]. *Materialy XIX mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Sovremennye tekhnika i tekhnologii"*. Natsional'nyi issledovatel'skii Tomskii politekhnicheskii universitet, 2013, pp. 276-277.

2. Mosorov A.M., Mosorova N.N. Teoriia dizaina. Problemy ontologicheskogo i metodologicheskogo znaniia [Design theory. Problems of ontological and methodological knowledge]. Ekaterinburg: Solaris, 2004. 288 p.

3. Bartashevich A.A. Osnovy khudozhestvennogo konstruirovaniia [Basics of Artistic Design]. Minsk: Vysshiaia shkola, 1984. 224 p.

4. Zakharov A.I., Kukhta M.S. Osobennosti formoobrazovaniia predmetno-funktsional'nykh struktur v dizaine [Shaping features of the subject-functional structures in design]. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 321, no. 6, pp. 204-209.

5. Luminet J.-P. Science, art and geometrical imagination. *The Role of Astronomy in Society and Culture, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 2011, vol. 260, pp. 248-273.

6. Neshumov B.V. Khudozhestvennoe proektirovanie [Artistic Design]. Moscow: Prosveshchenie, 1979. 175 p.

7. Antipina E.V., Ivshin K.S. Razrabotka sistemy metodov inzhiniringa v dizaine robotov spetsial'nogo naznacheniia [Development of the system of engineering methods in the design of special purpose robots]. *Materialy VI mezhdunarodnoi konferentsii "Tekhnicheskie universitety: integratsiia s evropeiskimi i mirovymi sistemami obrazovaniia"*. Izhevskii gos-

darstvennyi tekhnicheskii universitet imeni M.T. Kalashnikova, 2014, pp. 208-211.

8. Vasin S.A., Talashchuk A.Iu., Bandorin V.G., Grabovenko Iu.A., Morozova L.A., Red'ko V.A. Proektirovanie i modelirovanie promyshlennykh izdelii [Design and modeling of industrial products]. Moscow: Mashinostroenie-1, 2004, 692 p.

9. Lepeshkin I.A. Zakonomernosti formoobrazovaniia v dizaine transportnykh sredstv [Laws of shaping in the design of transport vehicles]. Abstract of Thesis, Moscow, 2012, 20 p.

10. Solov'ev Iu.B., Sidorenko V.F., Kuz'michev L.A. Metodika khudozhestvennogo konstruirovaniia [Methods of art design]. Moscow: VNIITE, 1983. 166 p.

11. Antipina E.V., Ivshin K.S. Osobennosti klassifikatsii v dizain-proektirovanii robototekhniki [Features of classification in robotics design]. *Materialy II vsrossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Molodye uchenye – uskoreniiu nauchno-tekhnicheskogo progressa v XXI veke"*. Izhevskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet imeni M.T. Kalashnikova, 2013, pp. 1006-1010.

12. Antipina E.V., Ivshin K.S. The Particular Qualities of Robotics Shaping. *Mathematical Design & Technical Aesthetics*, 2014, vol. 2, no. 1, pp. 54-70.

13. Minervin G.B., Shimko V.T., Efimov A.V. [et al.]. Dizain. Illiustrirovannyi slovar'-spravochnik [Design. Illustrated glossary]. Moscow: Arkhitektura-S, 2004. 288 p.

14. Novikov N. V. Konstruirovanie v akademicheskom dizaine [Construction in the academic design]. Saint-Petersburg: Roza mira, 1998. 56 p.

15. Petrov A.P. Osnovy ergonomiki i dizaina v avtomobilestroenii [Fundamentals of ergonomics and design in the automotive industry]. Kurganskii gosudarstvennyi universitet, 2004. 163 p.

16. Batanov A.F., Gritsynin S.N., Murkin S.V. Robototekhnicheskie komplekсы dlia obespecheniia spetsial'nykh operatsii [Robotic systems for special operations]. *Spetsial'naiia tekhnika*, 1999, no. 6, pp. 10-17.

Получено 28.04.2016

### Об авторах

**Ившин Константин Сергеевич** (Ижевск, Россия) – кандидат технических наук, профессор кафедры «Дизайн» Удмуртского госу-

дарственного университета (426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, e-mail: ivshic@mail.com).

**Антипина Елена Валерьевна** (Ижевск, Россия) – аспирант, ассистент кафедры «Дизайн» Удмуртского государственного университета, (426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, e-mail: antipinaelena@gmail.com).

### **About the authors**

**Konstantin S. Ivshin** (Izhevsk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Professor, Department of Design, Udmurt State University (1, Universitetskaia st., Izhevsk, 426034, Russian Federation, e-mail: ivshic@mail.com).

**Elena V. Antipina** (Izhevsk, Russian Federation) – Postgraduate Student, Assistant, Department of Design, Udmurt State University (1, Universitetskaia st., Izhevsk, 426034, Russian Federation, e-mail: antipinaelena@gmail.com).