

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН ХИРУРГИЧЕСКОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Е.А. Егорова

elizabethinspire18@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены основные аспекты промышленного дизайна применительно к проектированию хирургического роботизированного комплекса для эндопротезирования коленного сустава. Поскольку данный вид операций в настоящее время является довольно востребованным, а российский рынок испытывает нехватку соответствующего медицинского оборудования, тема разработки специфического хирургического комплекса приобретает научную новизну. В этом ключе особенное значение уделено промышленному дизайну как одному из перспективных современных видов проектной деятельности. В статье последовательно описано решение каждой из поставленных проектных задач, отражен процесс поиска этих решений и обозначены инструменты, при помощи которых он осуществлялся. По итогам проделанной работы можно заключить, что именно промышленный дизайн позволяет сделать инновационные продукты более эргономичными и привлекательными.

Ключевые слова

Промышленный дизайн, дизайн-проектирование, медицинское оборудование, дизайн оборудования, эндопротезирование, роботизированный комплекс, эргономика, 3D-моделирование

Поступила в редакцию 23.08.2022

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

Введение. Эндопротезирование коленного сустава в последние несколько лет стало довольно распространенным видом операций: в России ежегодно таких операций проводится 40 тыс., в Китае — 200 тыс., в США — 350 тыс. [1, с. 2]. В этой связи особого внимания заслуживает проектирование соответствующего оборудования, специализированных машин и комплексов. Отметим, что в конце 1990-х годов в операционных (операционных) были введены средства пассивной компьютерной навигации (CAS), используемые для позиционирования режущих приспособлений относительно расчетной модели коленного сустава. В настоящее время в литературе имеется множество данных, свидетельствующих о том, что хирургическая точность и выравнивание имплантатов действительно могут быть улучшены [1, с. 2–3].

Современная реальность такова, что на данный момент рынок аналогов проектируемого объекта недостаточно обширен. Эффективность, функцио-

нальность, доступность и общее качество предлагаемого на рынке медицинского оборудования для подобных операций — параметры, оценка которых дает неутешительные результаты. С точки зрения промышленного дизайна данный вид оборудования также заслуживает более детальной проработки или хотя бы создания эффективного алгоритма дизайн-проектирования таких специфических машин.

В рамках работы над данным проектом хирургического роботизированного комплекса для эндопротезирования коленного сустава перед дизайнером были поставлены следующие задачи:

- разработать кожух для существующего прототипа;
- спроектировать кожух для итоговой компоновки объекта.

Для отражения последовательного решения поставленных задач в данной статье представлены два соответствующих подраздела.

Дизайн-разработка кожуха прототипа. На этапе первичных дизайн-исследований при проектировании того или иного продукта принято задействовать различные методы, в том числе и для генерации идей и погружения в проектную ситуацию. Фантазия дизайнера развивается в процессе тренировки с помощью креативных методов. Когда применение этих методов становится быстрым, механическим процессом, новые объекты проектировать и создавать легко и приятно, а творческая интуиция дизайнера при этом выходит на более высокий, качественный уровень [2, с. 3]. На стадии концептуального поиска были задействованы такие креативные методы, как метод аналогии (использование в проектируемом объекте аналогичных конструктивных, технологических или образных решений объектов из других отраслей деятельности — робототехники, авиастроения), метод комбинирования, основанный на поиске комбинаций таких элементов формы, как пространственные, конструктивные, функциональные и графические структуры) и модульный метод проектирования (позволяет создавать многообразные объекты из одинаковых модулей (элементов) или из небольшого разнообразия различных модулей).

Другие методы (направленные преимущественно на изучение целевой аудитории и пользователей) позволили взглянуть на проектируемый объект глазами как врача, так и пациента, поскольку, в зависимости от роли, взаимодействие с будущим объектом будет выстраиваться по-разному [3, с. 170–175]. Дизайнеру на начальных этапах проектирования стоит учесть и проработать все возможные проблемные моменты, возникающие в ходе использования изделия людьми. Немаловажный вопрос на данной стадии — как решены те или иные проблемы/задачи в аналогичных изделиях? Качественное исследование рынка аналогов показало, что существующее оборудование для эндопротезирования коленного сустава имеет недостатки в области эргономики и специфический проектный образ, вызывающий неоднозначную реакцию у пациентов.

Поскольку прототип объекта (станок) уже существует физически, при проектировании кожуха для него следовало учитывать ряд ограничений. Поиск оптимальной формы проводили с помощью эскизирования (рис. 1), причем не только для станины, но и для других элементов станка. Для более детальной проработки были выполнены как бумажные и цифровые эскизы, которые также позволили выявить важные аспекты формообразования, формирования проектного образа будущего объекта с учетом специфики заданной области проектирования [4, с. 25–26].

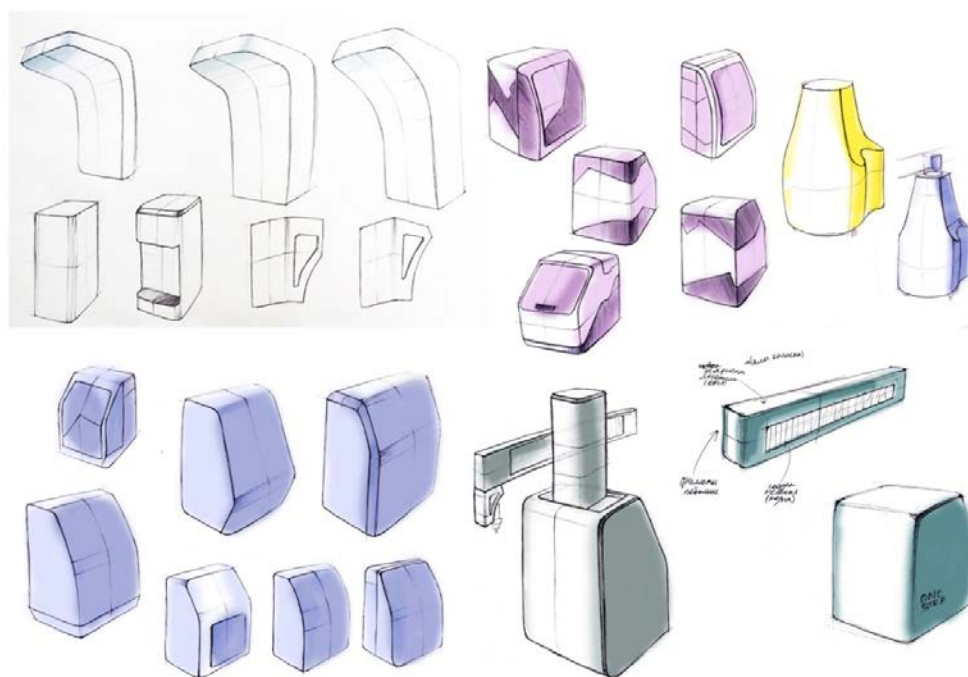


Рис. 1. Поисковые эскизы кожуха

Построение 3D-модели кожуха осуществлялось в системе Siemens NX. Несмотря на то что поверхности кожуха довольно простые, для проверки качества геометрии и распределения по ней бликов в той же системе был проведен анализ построенных поверхностей на уклоны и отражения; такие манипуляции требуются не только в целях эстетики, но и с целью оценки технологичности [5, с. 298–303]. Проработка стиливых и цветофактурных решений основывалась на результатах исследования аналогов, целевой аудитории, функциях и общем назначении объекта. Как и преобладающая часть медицинского оборудования, хирургический комплекс для эндопротезирования коленного сустава имеет белый цвет и матовую фактуру. При этом учтена возможность применения защитной пленки, которая закрывает кожух объекта непосредственно в процессе

операции по эндопротезированию. Отметим, что на данной стадии разработки и предложения концепций важно было создать не просто гармоничные и понятные демонстрационные изображения станка, но и отразить в них специфику проекта.



Рис. 2. 3D-визуализация кожуха для существующего прототипа



Рис. 3. 3D-визуализация кожуха для существующего прототипа
(с опущенным гофр-элементом)

Рендеринг (визуализация) моделей осуществлялась в программе KeyShot 9 с обязательной последующей обработкой изображений в редакторе Adobe Photoshop. Это позволило сделать изображения более информативными и реалистичными (рис. 2, 3). В ходе поисковых эскизирования и моделирования возникла идея опустить ящик с гофрированным элементом и закрыть его единым кожухом станины. Эта концепция также была визуализирована (рис. 4) и впоследствии применена при изготовлении кожуха. На одном из вариантов концепций из соображений безопасности было предложено добавить графический элемент, выполняющий функцию некой индикации (рис. 3). Это необходимо для информирования пользователей о движении пиноли во избежание несчастных случаев. Так, прототип комплекса для эндопротезирования коленного сустава позволил протестировать не только конструкторские и технические, но и некоторые дизайн-решения, в результате чего потребовалось внести серьезные изменения и пересмотреть саму концепцию машины.

Дизайн-разработка кожуха итогового продукта. Поскольку в процессе работы было выявлено несколько недостатков прототипа (в том числе с точки зрения дизайна и эргономики), существующая компоновка была пересмотрена и переработана инженерами. В связи с этим возникла необходимость проектирования кожуха нового варианта станка, финальной компоновки итогового продукта.

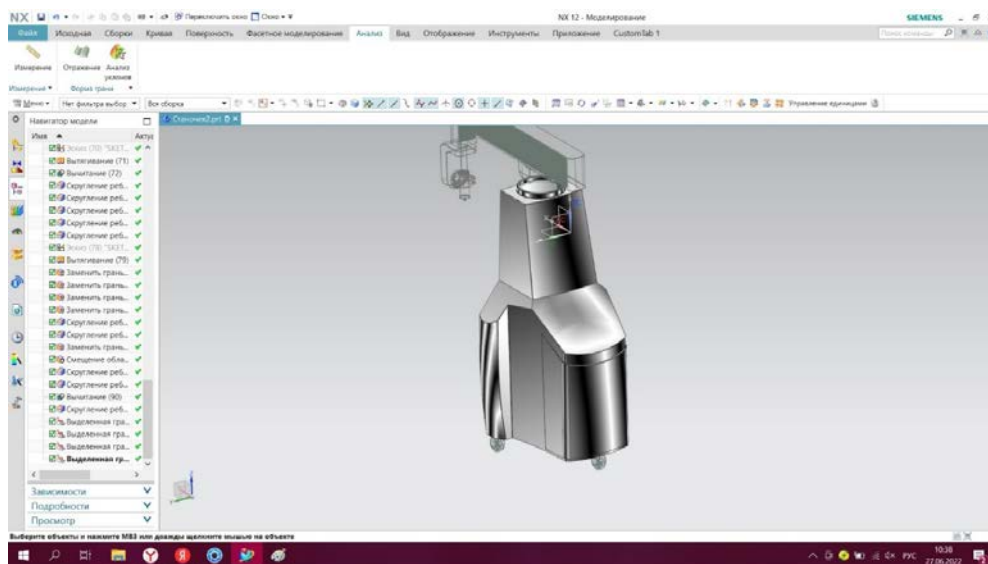


Рис. 4. Анализ построенных поверхностей («зебра»)

При проектировании кожуха итогового продукта особое внимание уделялось форме объекта, построению не сложных, но эстетических, «чистых» поверхностей. Для этого в системе Siemens NX проводился анализ построенных

поверхностей посредством отражения в них «зевры», что позволяло определять качество геометрии и затем по необходимости исправлять ее и проверять снова (рис. 4). С помощью программы KeyShot 9 были созданы студийные рендеры объекта (рис. 5).

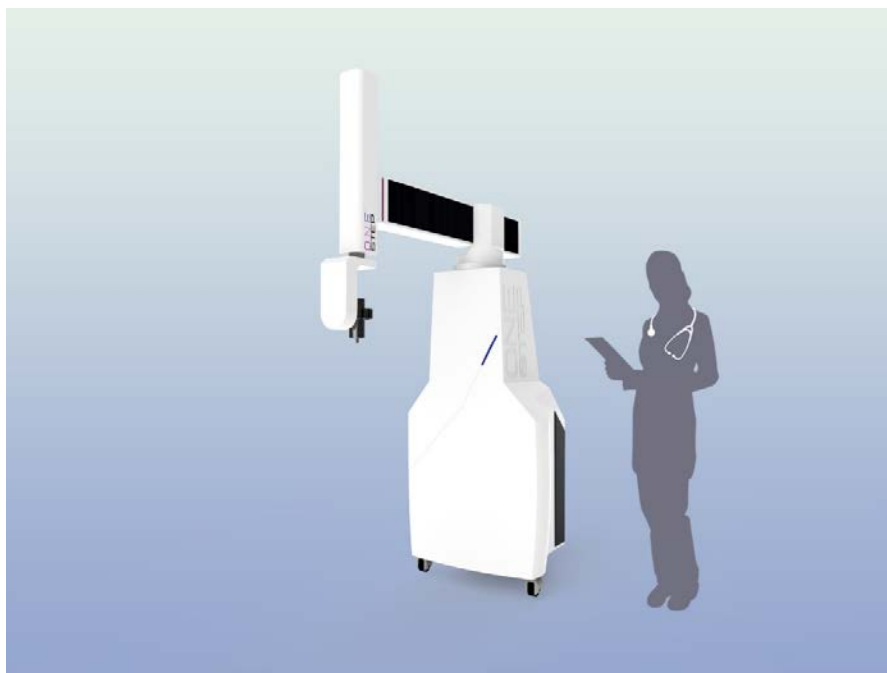


Рис. 5. 3D-визуализация кожуха для итогового продукта

В итоговой концепции автоматизированного хирурга важно было более тщательно проработать вопросы эргономики. Прототип ярко проиллюстрировал то, что врачу и медперсоналу будет совершенно некомфортно взаимодействовать с объектом. Так как предполагается, что проектируемый объект будет находиться непосредственно в операционной, то при разработке дизайн-решения кожуха необходимо учитывать стандартизованные требования к медицинскому оборудованию, которые представлены в ГОСТ Р 50444–2020 «Приборы, аппараты и оборудование медицинское. Общие технические требования». Кроме того, отталкиваясь от кинематики объекта, соотнося сценарий пользования и кинематические схемы, удалось проработать такие аспекты, как массогабаритные параметры (см. рис. 5), безопасность, травмоопасность (с позиции врачей, медперсонала и пациентов), экологичность/нетоксичность материалов, устойчивость конструкции и т. д.

Затрагивая тему цвета и стиля в дизайн-концепции, отметим, что определенные цвета несут в себе определенные характеристики, передающие самые разные «сигналы» — от гендерной принадлежности до точности механизма [6, с. 29]. Как

и в случае с кожухом прототипа, итоговое стилевое решение роботизированного комплекса — глянцеви́тые пластиковые поверхности белого цвета с подсветкой — современный тренд в дизайне медицинского оборудования. Такое решение призвано транслировать педантичность, чистоту, естественность и, благодаря нейтральному цвету, по возможности максимально снижать уровень тревожности у пациентов. Особого внимания заслуживает такой аспект, как внедрение фирменного стиля в разрабатываемую концепцию внешнего вида. В современном мире айдентика и брендинг играют немаловажную роль, что позволяет промышленным дизайнерам активно задействовать графические элементы в стиливых решениях того или иного продукта [7, с. 121]. Поскольку разработкой роботизированного комплекса занималась команда инженеров “One Step”, в качестве декоративного элемента был использован их логотип, цветной вариант которого размещен в области пиноли. Также на кожухе станины есть крупная рельефная версия логотипа.

Таким образом, на этапе работы по направлению промышленного дизайна были выполнены как поисковые эскизы, финальные и демонстрационные изображения разработанного хирургического комплекса, так и рабочие 3D-модели с детальной проработкой, по которым можно реализовать созданные концепции, изготовить спроектированные кожухи и запустить объект в производство.

Можно с уверенностью подтвердить тезис о том, что на всех стадиях разработки продукта от промышленного дизайнера требуются не только навыки формообразования и визуализации, но и технологических процессов, соотношения дизайнерских решений и технологических возможностей [8]. Также не стоит забывать об ответственности дизайнера перед обществом; ответственность дизайнера и дизайн-продуктов измеряется преимущественно их экологичностью и безопасностью [9]. В современных реалиях это позволяет иначе взглянуть на профессию промышленного дизайнера, переосмыслить ее суть и назначение, а также убедиться в ее значимости для общества и производства.

Литература

- [1] Christen B., Tanner L., Ettinger M. et al. Comparative cost analysis of four different computer-assisted technologies to implant a total knee arthroplasty over conventional instrumentation. *J. Pers. Med.*, 2022, vol. 12, no. 2, art. 184.
DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm12020184>
- [2] Благова Т.Ю. Креативные методы дизайна. Благовещенск, АмГУ, 2018.
- [3] Мартин Б., Ханнингтон Б. Универсальные методы дизайна. СПб., Питер, 2014.
- [4] Михеева М.М. Дизайн-исследования. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.
- [5] Ульрих К., Эппингер С. Промышленный дизайн. Создание и производство продукта. М., СПб., Вершина, 2007.
- [6] Суджич Д. Язык вещей. Strelka Press, 2013.
- [7] Эйри Д. Логотип и фирменный стиль. Руководство дизайнера. СПб., Питер, 2011.

- [8] Матвеев А., Самойлов В., ред. Создано в России. Промышленный дизайн. Вильнюс, Premere Boox, 2004.
- [9] Папанек В. Дизайн для реального мира. М., Издатель Дмитрий Аронов, 2022.

Егорова Елизавета Анатольевна — студентка кафедры «Промышленный дизайн», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Парфенова Елена Викторовна, старший преподаватель кафедры «Промышленный дизайн», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Егорова Е.А. Промышленный дизайн хирургического роботизированного комплекса для эндопротезирования коленного сустава. *Политехнический молодежный журнал*, 2022, № 09(74). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-09-824>

INDUSTRIAL DESIGN OF A SURGICAL ROBOTIC COMPLEX FOR KNEE ARTHROPLASTY

E.A. Egorova

elizabethinspire18@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The main aspects of industrial design as applied to the design of a surgical robotic complex for knee arthroplasty are considered. Since this type of surgery is currently in high demand and the Russian market is experiencing a shortage of appropriate medical equipment, the topic of developing a specific surgical complex gains scientific novelty. In this regard, special importance is given to industrial design as one of the promising modern types of design activity. The article consistently describes the solution to each of the set design problems, reflects the process of finding these solutions and identifies the tools by which it was carried out. According to the results of the research, it can be concluded that industrial design allows to make innovative products more ergonomic and attractive.

Keywords

Industrial design, design engineering, medical equipment, equipment design, endoprosthetics, robotic complex, ergonomics, 3D modeling

Received 23.08.2022

© Bauman Moscow State Technical University, 2022

References

- [1] Christen B., Tanner L., Ettinger M. et al. Comparative cost analysis of four different computer-assisted technologies to implant a total knee arthroplasty over conventional instrumentation. *J. Pers. Med.*, 2022, vol. 12, no. 2, art. 184. DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm12020184>
- [2] Blagova T.Yu. Kreativnye metody dizayna [Creative design methods]. Blagoveshchensk, AmGU Publ., 2018 (in Russ.).
- [3] Martin B., Hanington B. Universal methods of design. Rockport Publishers, 2012. (Russ. ed.: Universalnye metody dizayna. Sankt-Petersburg, Piter Publ., 2014.)
- [4] Mikheeva M.M. Dizayn-issledovaniya [Design studies]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2015 (in Russ.).
- [5] Ulrich K., Eppinger S. Product design and development. McGraw, 2015. (Russ. ed.: Promyshlennyy dizayn. Sozdanie i proizvodstvo produkta. Moscow, Sankt-Petersburg, Vershina Publ., 2007.)
- [6] Sudjic D. The language of things. Penguin UK, 2008. (Russ. ed.: Yazyk veshchey. Strelka Press, 2013.)
- [7] Airey D. Logo design love. New Riders, 2010. (Russ. ed.: Logotip i firmennyy stil. Rukovodstvo dizaynera. Sankt-Petersburg, Piter Publ., 2011.)
- [8] Matveev A., Samoylov V., eds. Sozdano v Rossii. Promyshlennyy dizayn [Made in Russia. Industrial design]. Vilnyus, Premere Boox Publ., 2004 (in Russ.).
- [9] Papanek V. Design for the real world. Chicago Review Press, 2005. (Russ. ed.: Dizayn dlya realnogo mira. Moscow, Izdatel Dmitriy Aronov Publ., 2022.)

Egorova E.A. — student, Department of Industrial Design, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Parfenova E.V., Senior Lecturer, Department of Industrial Design, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Egorova E.A. Industrial design of a surgical robotic complex for knee arthroplasty. *Politekhnicheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2022, no. 09(74). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-09-824.html> (in Russ.).