

УДК 7.05

Дизайн-концепция роботизированного вилочного погрузчика

Хундоева Ирина Будаевна khundoevaib@student.bmstu.ru

Ртищев Денис Игоревич rtishchev.d.i@bmstu.ru

Терехова Наталия Юрьевна terehova@bmstu.ru
SPIN - код: 4321-9582

Чекулаева Анна Андреевна chklvnn@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Современные склады требуют более быстрых, точных и безопасных логистических операций. Традиционные погрузчики надежны, но требуют оператора, занимают много места и неэффективны при высокой динамике грузопотоков. Полностью автономные системы обычно работают с легкими грузами и не поддерживают паллеты. Поэтому актуально создание автоматизированных решений, сочетающих маневренность небольших роботов и функциональность вилочных погрузчиков. Роботизированные системы — перспективное направление, позволяющее снизить ошибки и сократить время операций. В работе использованы анализ решений, сценарное моделирование и оценка эффективности, а также изучение технологий и требований целевой аудитории.

Ключевые слова: дизайн-концепция, дизайн-исследование, роботизированные транспортные системы, роботизированный вилочный погрузчик

Design concept of a robotic cargo transportation system

Hundoeva Irina Budaevna khundoevaib@student.bmstu.ru

Rtishchev Denis Igorevich rtishchev.d.i@bmstu.ru

Terekhova Natalia Yurievna terehova@bmstu.ru
SPIN-code: 4321-9582

Chekulaeva Anna Andreevna chklvnn@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. Modern warehouses require faster, more accurate, and safer logistics operations. Traditional forklifts are reliable but require an operator, occupy significant space, and are inefficient in high-traffic conditions. Fully autonomous systems typically handle lightweight loads and do not support pallet operations. Therefore, the creation of automated solutions that combine the maneuverability of small robots with the functionality of forklift trucks is highly relevant. Robotic systems are a promising development direction, enabling error reduction and shorter operation times. The work employs solution analysis, scenario modeling, and efficiency assessment, along with studying technologies and target audience requirements.

Keywords: design concept, design research, robotic transportation systems, robotic forklift

Введение. Разработка дизайн-концепции направлена на поиск решений для роботизированной системы транспортировки грузов, состоящей из роботизированной рохли и роботизированного вилочного погрузчика (штабелера). Роботизированный вилочный погрузчик дополняет работа транспортировщика, и они оба являются частью единой системы на складе. Было принято решение делать поисковое эскизирование на схожих друг к другу визуальных решениях. Это позволило создать гармоничный и функциональный дизайн, который учитывает особенности взаимодействия между двумя модулями [1].

В процессе эскизирования были рассмотрены различные варианты формы и расположения сенсоров, что позволило оптимизировать конструкцию роботизированного вилочного погрузчика для выполнения его задач на складе (рис. 1). Эскизы показывают несколько вариантов формы робота, включая различные углы и линии, что позволяет выбрать наиболее подходящий дизайн для конкретных задач. Необходимо учитывать функциональность робота, включая его способность перемещать грузы и взаимодействовать с окружающей средой. Скетчи являются важным этапом в процессе дизайн-проектирования, так как они позволяют визуализировать различные идеи и выбрать наиболее подходящий вариант для дальнейшего развития.

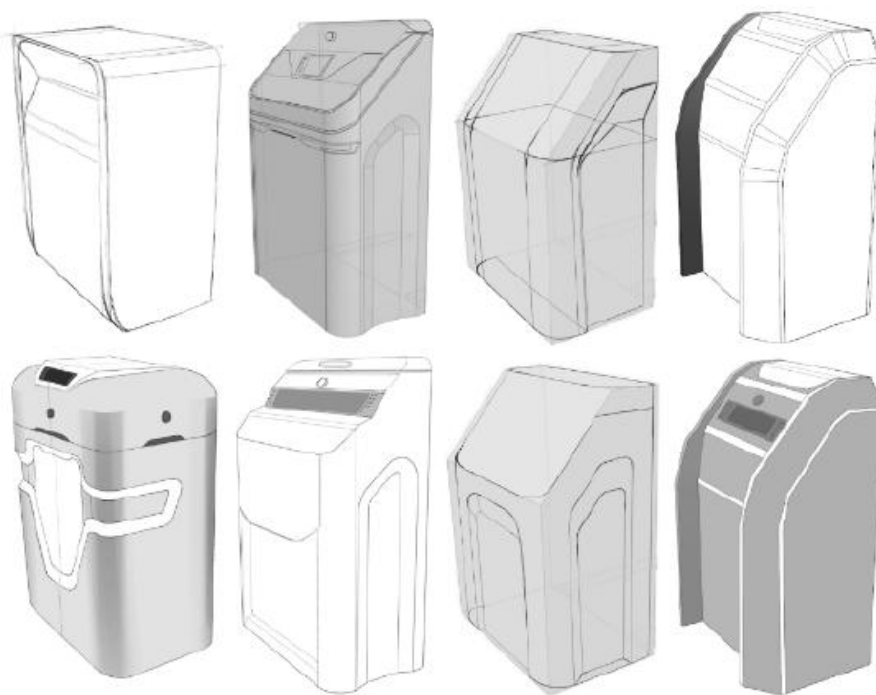


Рис. 1. Поиск эскизов

Компоновочное решение данной 3D-модели роботизированного вилочного погрузчика было разработано в ходе поискового этапа, где анализировались существующие аналоги и их конструктивные особенности. Итоговая модель сознательно выполнена в максимально простой, лаконичной форме (рис. 2). Форма обеспечивает технологичность, соответствие габаритным

требованиям для работы в узких проходах и упрощает дальнейшее макетирование и оценку функциональности, что соответствует задачам этапа концептуальной проработки.

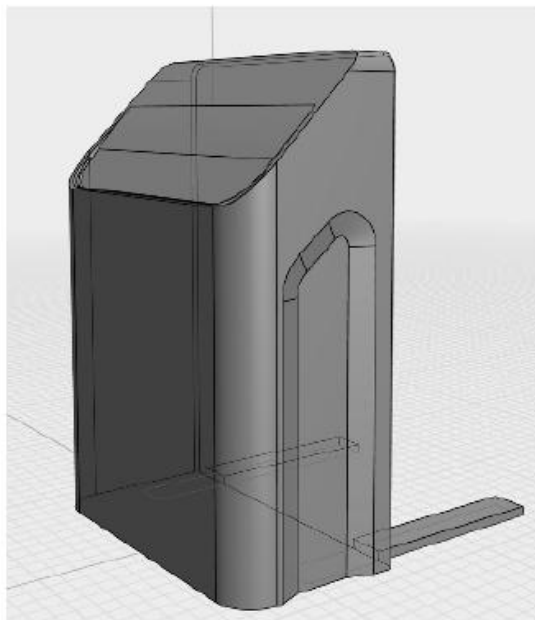


Рис. 2. Поисковая модель

Была проведена детальная проработка всех аспектов проекта, начиная от выбора материалов и заканчивая визуализацией объектов. Особое внимание уделяется эргономике, чтобы обеспечить удобство и безопасность использования продукта. Это включает в себя анализ взаимодействия пользователя с объектом, а также учет антропометрических данных для создания оптимальных условий эксплуатации. В процессе проектирования учитываются и технологические аспекты, такие как выбор материалов и методов производства.

Роботы проектируются с учетом удобства использования и безопасности, что в свою очередь включает в себя оптимизацию формы и расположение элементов управления, а также обеспечение устойчивости к внешним воздействиям среды.

Производители современных автономных мобильных роботов (AMR) активно развивают технологии навигации и комплексы датчиков, обеспечивающие безопасное и эффективное перемещение в сложных динамических средах. Применение таких решений, как SLAM (одновременная локализация и построение карты), 3D-сенсоры, лидары и ультразвуковые датчики, позволяет AMR: анализировать окружающее пространство в реальном времени, обнаруживать и избегать препятствия, оптимизировать маршруты движения, а также обеспечивать надежную навигацию в условиях сложной производственной инфраструктуры [2].

Таким образом, при выборе роботизированных технологий для склада необходимо учитывать множество факторов, включая глубину запасов, Lead Time, изменения в номенклатуре и штате сотрудников, а также использовать современные материалы и технологии для обеспечения высокой производительности и безопасности [3].

Рост применения AMR является системным ответом на социальные, экономические и технологические вызовы, направленным на повышение конкурентоспособности и качества жизни. Однако успешное внедрение требует строгого соответствия технологий специфике предприятия, для чего критически важны разработанные экспертами критерии, такие как анализ глубины запасов (где оптимальны 3D-шаттлы), оптимизация времени выполнения заказа с учетом пиковых нагрузок и параллельных запросов, адаптация к изменениям в номенклатуре товаров, а также планирование трансформации штата (сокращение операторов при необходимости подготовки инженеров) [4].

Итоговое эскизирование — это важный этап в процессе дизайн-проектирования, так как оно помогает определить окончательную составляющую внешнего вида после нескольких проведенных эскизных поисков. На этом этапе создается эскиз, который отображает все принятые решения после предыдущих поисков и учитывают все требования и ограничения. По завершении этапа поискового эскизирования были сформированы ключевые представления о целесообразной форме изделия. Анализ первоначальных вариантов показал их несоответствие отдельным проектным критериям [5]. В результате проделанной работы предложенная концепция претерпела существенные изменения, направленные на устранение выявленных недостатков и достижение полного соответствия установленным требованиям (рис. 3).

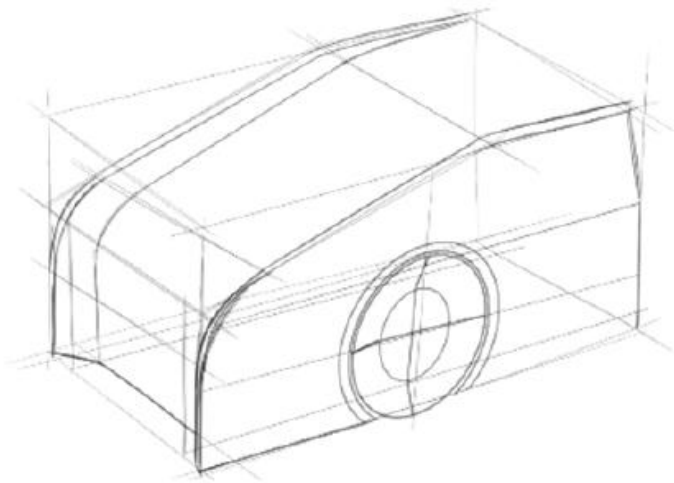


Рис. 3. Форма

На этапе эскиза были проработаны цвета и текстуры материала, что помогут далее в будущей проработке модели (рис. 4). Настоящий эскиз ложится в основу в качестве окончательного варианта и станет отправной точкой для 3D-моделирования. Концепция удовлетворяет всем функциональным, эрго-

номическим и техническим требованиям, ключевые аспекты формы определены, поэтому при цифровом моделировании будет реализована данная геометрия.

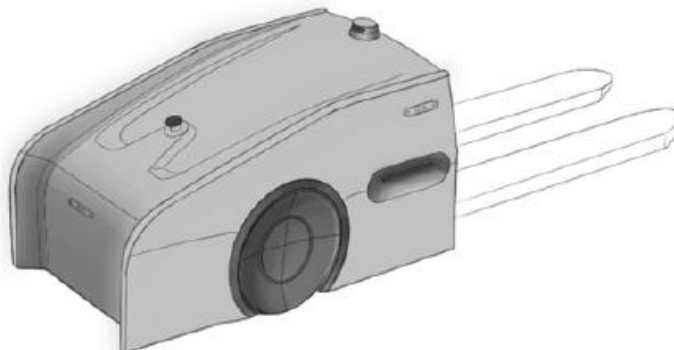


Рис. 4. Итоговый эскиз

На основе итогового эскизного поиска было проведено итоговое 3D-моделирование роботов. Получившаяся 3D-модель сочетает простоту и элегантность форм, легкость восприятия деталей и аккуратность сборки, она идеально подходит для изготовления макетов и последующей демонстрации (рис. 5). На этом этапе была разработана базовая форма роботов, которая учитывает их функциональность и эргономику. Это включает в себя проектирование корпуса, механизмов и других ключевых компонентов.

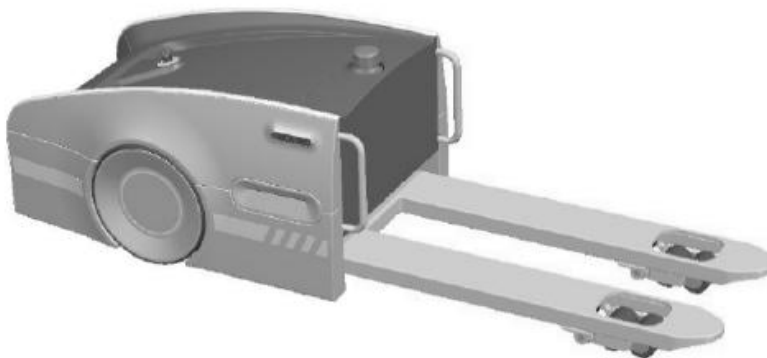


Рис. 5. 3D-модель

После создания базовой геометрии были добавлены детали, такие как сенсоры, камеры и другие элементы, которые необходимы для работы роботов. Это позволило создать более точную и реалистичную модель (рис. 6).

3D-модель позволяет детально проработать все элементы роботов, что обеспечивает высокое качество конечного продукта. 3D-модель можно легко изменять и адаптировать под различные требования и условия эксплуатации. Итоговое 3D-моделирование робота стало ключевым этапом в процессе дизайн-проектирования, позволив создать детализированную и реалистичную

модель, которая сочетает в себе функциональность и эстетику. Таким образом, итоговое 3D-моделирование является важным инструментом для успешного продвижения проекта, обеспечивая визуальную и техническую основу для дальнейшего развития и внедрения маленького робота погрузчика в реальные условия.



Рис. 6. Детали

Визуализация в компьютерной графике — это процесс создания (генерации) двумерного изображения из трехмерной модели или сцены с помощью компьютерной программы. Это заключительный этап 3D-моделирования и анимации, который превращает математическое описание виртуального мира в понятное и реалистичное изображение или последовательность изображений (рис. 7).

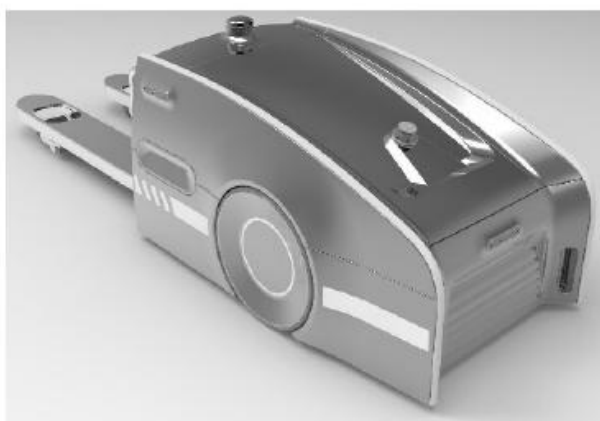


Рис. 7. Визуализация робота

Визуализация демонстрирует не только внешний вид техники в фирменных цветах, но и функциональные детали: от точных габаритов до зон безопасности, выделенных на схемах синим и желтым. Такие визуализации позволяют увидеть, как робот будет взаимодействовать со стеллажами и погрузчиками, соответствовать требованиям к проезду и маневрированию в ограниченном пространстве (рис. 8).



Рис. 8. Визуализация

Визуализация и рендеринг являются важными этапами в процессе дизайн-проектирования, которые позволяют создать реалистичные изображения роботов. Эти изображения помогают лучше понять концепцию и принять решение об итоговом варианте. Процесс рендеринга включает в себя расчет взаимодействия света с объектами, что позволяет создать изображения, максимально приближенные к реальности.

Также было проведено итоговое эскизирование роботизированного вилочного погрузчика, чтобы окончательно определить его форму, пропорции и ключевые конструктивные элементы (рис. 9).

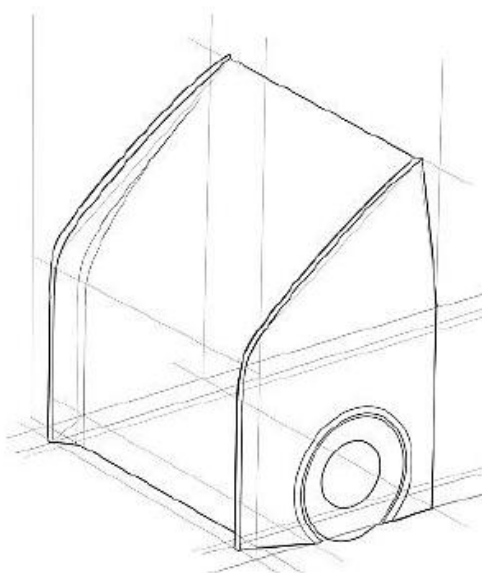


Рис. 9. Эскиз вилочного погрузчика

На этапе эскизирования были подобраны цвета и текстуры материалов (гладкие, характерные для промышленной техники), а с помощью светотени были переданы нюансы формы объектов — как самих роботизированных вилочных погрузчиков, так и окружающих их диаграмм с требованиями к проезду и зонам маневрирования (рис. 10).

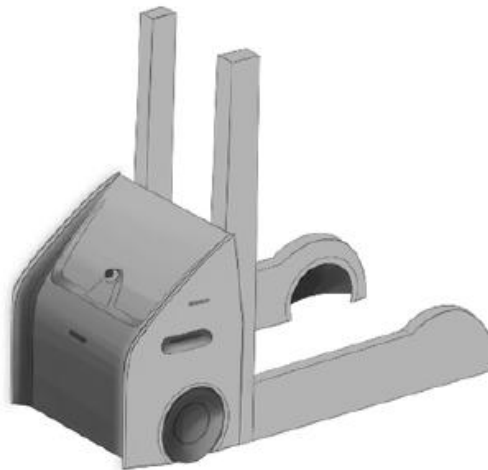


Рис. 10. Вилочный погрузчик в цвете

Финальный эскиз демонстрирует, как робот будет выглядеть в будущем 3D-моделировании и его цветовую гамму. Этап итогового эскизирования позволил зафиксировать и детализировать ключевые аспекты визуального представления роботизированного вилочного погрузчика для лучшего понимания внешнего вида погрузчика в необходимом будущем 3D-моделировании. Итоговое 3D-моделирование роботизированного вилочного погрузчика было также проведено на основе итогового эскизирования и позволило создать детализированную цифровую модель, точно отражающую его ключевые характеристики. Также на 3D-модели учтена необходимость расположить кнопку аварийной остановки и поэтому она располагается на видном и легкодоступном месте верхней панели, окрашена она в ярко-красный цвет, чтобы ее можно было быстро нажать в любой ситуации. Это стандартное требование безопасности для любого промышленного робота или автоматизированной техники, работающей рядом с людьми или в потенциально опасной среде.

В итоговой визуализации при создании следует учесть реалистичность подбора материалов, характеристик светотени и среды визуализации. Благодаря визуализации объект обретает вид, близкий к реальному, фотографическому виду (рис. 11).

Для создания реалистичной визуализации 3D-модели роботизированной системы использовались стандартные металлические материалы из библиотеки программы. Их параметры фактура, цвет, прозрачность для отдельных деталей были скорректированы.

В ходе выполнения проекта была разработана инновационная роботизированная система транспортировки грузов, состоящая из двух взаимосвязанных модулей: роботизированной рохли с вилами и роботизированного вилочного погрузчика, обеспечивающего точную загрузку и разгрузку. Расчеты показали, что внедрение системы на складах средней площади окупится за 2–3 года, сократятся затраты на ручной труд, увеличится скорость обработки грузов на 20–30 %, уменьшится количество ошибок при комплектации.

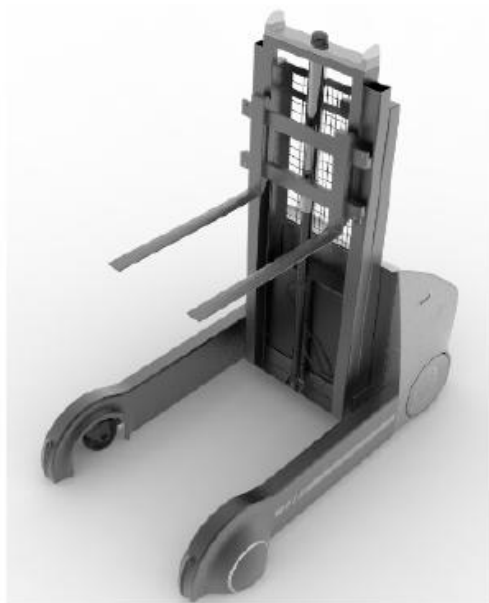


Рис. 11. 3D-модель роботизированного вилочного погрузчика

В результате проведенной работы удалось предложить эффективное решение, которое отвечает современным требованиям логистики и может быть адаптировано под различные условия эксплуатации. Полученные результаты могут быть использованы в качестве основы для дальнейших разработок и внедрения инновационных решений в практику [6].

Перспективы развития и направления дальнейших исследований являются неотъемлемой частью проекта и определяют его долгосрочную успешность и конкурентоспособность [7]. К возможным путям развития и улучшения системы, можно отнести:

Интеграция с системами искусственного интеллекта: интеграция с системами искусственного интеллекта (ИИ) позволит динамически оптимизировать маршруты и повысить эффективность работы роботов. Это может включать использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных о движении и оптимизации маршрутов в реальном времени. ИИ также может помочь в прогнозировании спроса и управлении запасами, что приведет к снижению затрат и повышению общей эффективности логистических процессов.

Адаптация под специальные условия: для расширения возможностей применения роботизированной системы необходимо адаптировать ее под специальные условия, такие как низкие температуры и опасные среды. Это может включать использование специальных материалов и технологий, которые позволят роботам работать в экстремальных условиях без потери производительности и надежности.

Масштабирование для крупных логистических хабов: масштабирование системы для крупных логистических хабов позволит увеличить ее производительность и охват. Это может включать разработку модульных решений, которые можно легко адаптировать под различные размеры и конфигурации

складов. Масштабирование также может потребовать интеграции с другими логистическими системами и технологиями, такими как интернет вещей (IoT), для обеспечения слаженной работы всех компонентов системы.

Детальная проработка отдельных компонентов: дальнейшие исследования могут быть направлены на детальную проработку отдельных компонентов системы, таких как алгоритмы управления и взаимодействие с другими логистическими системами. Это может включать разработку более эффективных алгоритмов маршрутизации, оптимизации загрузки и разгрузки, а также улучшение взаимодействия между роботами и другими элементами системы.

Интеграция с технологиями интернета вещей: изучение возможностей интеграции системы с технологиями интернета вещей (IoT) может привести к созданию «умных» складов, где все элементы системы будут связаны и обмениваться данными в реальном времени. Это позволит оптимизировать процессы и повысить общую эффективность работы склада.

Разработанное решение соответствует современным тенденциям автоматизации и может быть успешно внедрено на объектах розничных сетей, производственных предприятий и распределительных центров. Дальнейшие исследования и разработки в области интеграции с ИИ и IoT откроют новые возможности для повышения эффективности и конкурентоспособности логистических систем.

Список источников

- [1] *Будущее умных складов*. URL: <https://logistic.tools/ru/blog/tpost/ih5klhhrx1-buduschee-umnih-skladov-kakie-tehnologii> (дата обращения 11.04.2024).
- [2] *Роботы AMR: как они удовлетворяют потребности современной погрузочно-разгрузочной техники*. URL: <https://www.vecnarobotics.com/resources/amr-robots-material-handling/> (дата обращения 15.04.2024).
- [3] *Робототехническая платформа Fetch Cloud Robotics*. URL: <https://fetchrobotics.borealtech.com/the-fetch-cloud-robotics-platform-for-warehouse-automation/?lang=en> (accessed 13.04.2024).
- [4] *Revolutionizing Material Handling: The Advancement of AMR Forklifts*. URL: <https://ru.reemanrobot.com/news/revolutionizing-material-handling-the-advance-75092149.html> (accessed 15.04.2024).
- [5] *Autonomous mobile robots by OTTO from Rockwell Automation*. URL: <https://ottomotors.com/> (accessed 13.04.2024).
- [6] *Технологическая революция: тренды в роботизации склада*. URL: <https://indpages.ru/robots/tehnologicheskaya-revolyucziya-trendy-v-robotizaczii-sklada/> (дата обращения 13.04.2024).
- [7] *Робототехника на складе*. URL: <https://dzen.ru/a/XbwhP-bo7wCxAwAP> (дата обращения 15.04.2024).