КОНСТРУИРОВАНИЕ СЕРВИСНОГО РОБОТА - КУРЬЕРА ДЛЯ РАБОТЫ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Байназарова Д.Д.[1], Ланграф С.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр.8ЕМ21, e-mail: ddb10@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИШИТР, к.т.н., e-mail: langraf@tpu.ru

Аннотация

В данной работе проводится обзор аналогов и проектирование конструкции сервисного робота для доставки лекарственных препаратов в рамках одного этажа медицинского учреждения.

Ключевые слова: колесный робот, навигация, конструкция.

Введение

Согласно приложению № 10 к положению об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению, утвержденному приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 15 мая 2012 г. N 543н, на 1 должность процедурной медсестры должно приходиться максимум 15 пациенто-мест, однако в данный момент в среднем на одну медсестру приходится от 20-и пациенто-мест и более.

К примеру, на один этаж Областного Государственного Автономного Учреждения Здравоохранения «Больница № 2» в настоящее время на дневную смену приходится 3 дежурные медсестры и 3 постовые медсестры на 2 этажа, а на ночную только две дежурные медсестры на 2 этажа. В Госпитальной клинике СибГМУ им. Савиных А. Г. в дневную смену на один этаж приходится в среднем 3 медсестры, а в ночную смену 2 и меньше. В Городской клинической больнице № 3 им. Б. И. Альперовича в дневную смену на один этаж приходится 2 палатные и 2 процедурные медсестры, а ночью – 2 или 3 в зависимости от количества прибывших на скорой помощи.

При ежедневной выдаче медикаментов (а именно от 3-х раз в день) возникает острая потребность в дополнительных трудовых ресурсах. Именно поэтому, для облегчения работы медицинского персонала в больницах в данной работе будет разрабатываться сервисный робот для обслуживания медицинских учреждений.

Сервисный робот для обслуживания медицинских учреждений – это мобильный робот, предназначенный для передачи медикаментов от медсестры к пациенту.

При создании робота следует учитывать ряд факторов:

1. Сервисный робот должен достигать в высоту от 500 до 700 мм (средняя величина расстояния от пола до колена), ширина должна быть не менее 300 мм и не более 500 мм, так же, как и длинна.
2. Привод робота должен позволять роботу двигаться со скоростью 0,1 - 0,4 м/с.
3. Привод робота должен позволять роботу работать при полной нагрузке 6 кг.
4. Корпус робота должен быть выполнен из термостойкого материала, не вступающего в реакцию с медикаментами.
5. Вес робота в состоянии конечной сборки не должен превышать 20 кг.
6. Работа робота в помещении не должна вредить окружающим людям и влиять на работу окружающей его аппаратуры.
7. Работа робота не должна причинять ущерб имуществу медицинского учреждения.

Выбор движителя для робота

С учетом того, что робот будет относится к indoor типу, для перемещения в больнице лучше будет выбрать колеса в качестве движителя.

Рассмотрим типы колесных роботов и подберем подходящий для поставленной задачи перемещения в рамках одного этажа медицинского учреждения. Виды колесных роботов представлены в таблице 1.

В рамках поставленной задачи больше подходит тип роботов с обычными колесами. Перемещение будет производиться по прямой и практически ровной поверхности, также функционал робота не требует больших затрат. Также выбор колес обусловлен простотой конструкции, так как вес робота не должен превышать 20 кг.

Таблица 6

Виды колесных роботов

Тип робота	**Описание**	**Преимущества**	**Недостатки**
Колесные роботы с обычными колесами	Роботы, оснащенные обычными круглыми колесами	Простота конструкции, низкая стоимость, хорошая маневренность на ровных поверхностях	Ограниченная проходимость на неровных поверхностях, слабая устойчивость на склонах
Колесные роботы с омни-колесами	Способность двигаться в любом направлении	Отличная маневренность, способность двигаться боком, поворот на месте	Сложная конструкция, высокая стоимость, ограниченная проходимость на неровных поверхностях
Колесные роботы с гусеницами	Роботы, оснащенные гусеницами для передвижения	Отличная проходимость на неровных поверхностях, устойчивость на склонах.	Медленная скорость, сложная конструкция, высокая стоимость
Колесные роботы с шаровыми колесами	Роботы способными двигаться в любом направлении	Отличная маневренность, способность двигаться боком, поворот на месте	Сложная конструкция, высокая стоимость, ограниченная проходимость на неровных поверхностях
Колесные роботы с многоножками	Роботы, оснащенные множеством ног для передвижения	Отличная проходимость на неровных поверхностях, способность преодолевать препятствия	Сложная конструкция, высокая стоимость, медленная скорость

С учётом того, что робот должен будет перевозить большое количество медикаментов в своем корпусе, он должен быть устойчивым, а следовательно, количество колес должно быть от 3-х и больше, в зависимости от габаритов корпуса.

Сравнительный анализ

Существует множество аналогов разрабатываемого в данной работе робота. Рассмотрим два из них, а именно: Yandex R3 и Starship Delivery Robot. Аналоги сервисного робота для доставки медикамента представлены в таблице 2.

Среди рассмотренных роботов более подходящим (согласно техническому заданию) к проектированию аналогом является Starship Delivery Robot.

Таблица 7

Аналоги сервисного робота для доставки медикаментов

Наименование робота	Габариты, мм	Количество колес	Навигация	Особенности	Вес, кг
Yandex R3	625x500x542	6	Lidar, Radar, 4 камеры	Расположение балансиров колес на задних осях для лучшей езды	70
Starship Delivery Robot	697 x 569 x 571 (без флага)	6	GPS, Radar, ультразвуковые сенсоры, 12 камер	Роботы Starship Technologies передвигаются по местности со скоростью не более 6 км/ч. Они не мешают движению людей по тротуарам.	35

Выбор навигационных устройств

При выборе датчика перемещения нужно основываться на нескольких факторах:

1. Датчик должен работать на большом расстоянии (от 3 до 6 метров);
2. Датчик должен качественно работать в хорошо освещенном помещении (солнечный свет и искусственное освещение);
3. Датчик должен точно обеспечивать определение и передачу координат координаты робота в условиях indoor и частично outdoor. Классификация датчиков представлена в таблице 3.

Таблица 8

Классификация датчиков

Наименование	Преимущества	Недостатки
Инфракрасные датчики движения	1. Инфракрасные датчики движения считаются абсолютно безопасными для здоровья человека, так как они действуют как "приемники" инфракрасного излучения и не излучают никаких вредных сигналов; 2. Инфракрасные датчики позволяют пользователю точно настраивать дальность и угол обнаружения движущихся объектов.	1. Инфракрасные датчики имеют относительно узкий диапазон рабочих температур; 2. Из-за воздействия окружающих факторов, таких как солнечный свет и осадки, работа инфракрасных датчиков движения на улице может быть менее точной.
Микроволновые датчики движения	1.Датчики способны обнаруживать движущиеся объекты даже за дверьми, стеклами или тонкими стенами; 2.Их работоспособность не зависит от температуры окружающей среды или объектов; 3.Микроволновые датчики способны реагировать на самые незначительные движения объектов	1. Они стоят дороже по сравнению с датчиками других типов; 2. Микроволновые датчики могут срабатывать из-за движений вне необходимой зоны наблюдения; 3. Микроволновые датчики могут срабатывать из-за движений вне необходимой зоны наблюдения.
Ультразвуковые датчики движения	1. Ультразвуковые датчики доступны по относительно низкой цене, что делает их доступными для широкого спектра применений; 2. Ультразвуковые датчики работают стабильно, независимо от окружающей среды, так как они не чувствительны к свету, осадкам, или другим атмосферным условиям; 3. Ультразвуковые датчики могут обнаруживать движение любых объектов, независимо от их материала.	1. Ультразвуковые датчики имеют ограниченную дальность обнаружения движения, что может потребовать установки нескольких датчиков для полного покрытия больших площадей; 2. Для активации ультразвукового датчика движения требуются достаточно резкие перемещения объектов. Если движение происходит очень медленно или плавно, датчик может не сработать.
Lidar (light detection and ranging)	1. Высокая точность; 2. Надёжность. Лидары отлично ориентируются даже в полной темноте; 3. Практичность. Эффективен в больших помещениях и сложных средах с множеством препятствий.	1. Риск выхода из строя. Вращающийся модуль с лазером — механический элемент, который подвержен износу и со временем может сломаться; 2. Возможность отражения лазера.

Проанализировав аналоги сервисного робота и различные виды датчиков, выбор определенно падает на Lidar. Данная технология активно используется для создания роботов курьеров, так как именно благодаря вращению лазера можно составить карту помещения, используя только одно устройство. Несмотря на большие габариты, легко встраивается в конструкцию.

Подбор привода для перемещений робота

Существует ряд требований к приводу проектируемого робота, а именно:

1) минимальный размер;
2) оптимальная стоимость;
3) понятная и простая конструкция, легко внедряемая в конструкцию самого робота;
4) адаптируемость программной части под данную задачу;
5) номинальная мощность от 250 Вт до 400 Вт;
6) максимальный крутящий момент не менее 10 Н*м не более 20 Н*м;
7) скорость вращения на холостом ходу не менее 250 об/мин.

С учетом специфики работы и упрощения конструкции робота, оптимальнее будет использовать автономный независимый колесный привод. В данном случае удобнее будет использовать мотор колеса с индивидуальным управлением.

Мотор-колесо – это разновидность ведущего колеса, комплексный агрегат, в котором объединены непосредственно колесо, электрический двигатель, силовая передача и тормозная система.

Рассмотрим основные существующие типы мотор-колес. Основные типы мотор-колес представлены в таблице 4.

Таблица 4

Основные типы мотор-колес

Наименование	Принцип работы	Преимущества	Недостатки
Редукторное мотор-колесо	Производит крутящий момент за счет появления вращающегося магнитного поля в фиксированном статоре, взаимодействующем с постоянными магнитами.	1. Компактность мотора; 2. Высокий крутящий момент. Даже мотор небольшой мощности обеспечивает высокую тягу в горку.	Ограниченная скорость, в среднем до 25-30 км/ч.
Безредукторное мотор-колесо	В данном типе мотор-колеса есть две основные части – ротор и статор. Ротор – это ось колеса с обмотками, она неподвижна и жестко закреплена. Статор – это втулка колеса с мощными постоянными магнитами, она подвижна.	1. Надежность и простота конструкции; 2. Возможность тормозить двигателем (рекуперация); 3. Большая мощность до 5000 Вт; 4. КПД выше за счет отсутствия редуктора.	1. Большие габариты и вес мотора; 2. Мотор-колесо с прямым приводом дороже редукторного при одинаковой мощности.

Для данной задачи больше подойдет вариант привода с оптимальной ценой, легкой внедряемостью в механизм робота, с упрощенной конструкцией и оптимальной мощностью для работы в рамках медицинского учреждения. Следовательно, проанализировав различные варианты привода, более подходящим выбираем безредукторный тип мотор-колеса.

Разработка структурной схемы робота

Была разработана структурная схема сервисного робота для доставки лекарственных препаратов, приведённая на рисунке 1, где {L} – это множество сигналов, поступающих с Lidar; {S} – это множество сигналов, поступающих с датчиков Холла; {I} – это множество сигналов, поступающих с датчиков тока; {U} – это множество управляющих сигналов напряжения.

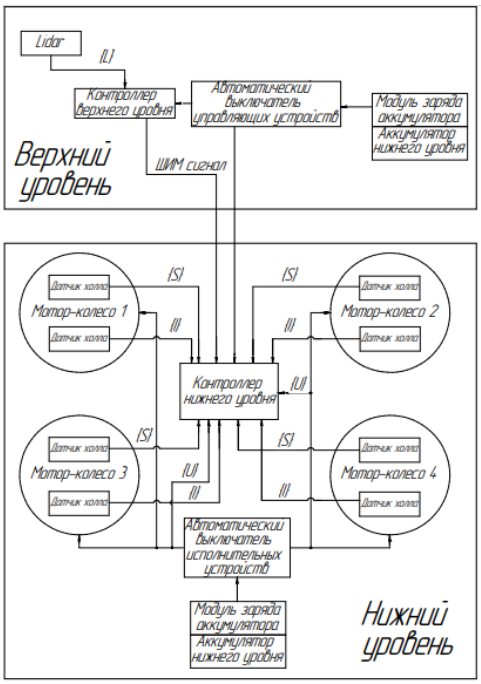

Рис. 10. Структурная схема сервисного робота

Проектирование конструкции робота

Расположение колес является основополагающим фактором для дальнейшей разработки кинематической схемы и возможностей для маневрирования при движении робота. Квадратная компоновка на две колесные пары обусловлена методом организации перемещений с неповоротными автономными колёсами с индивидуальным управлением (выбранные нами прежде мотор-колеса безредукторного типа), таким образом достигается максимальная маневренность робота.

В качестве материала для корпуса будет использоваться ABS пластик. Такой выбор был сделан из-за ряда преимуществ данного материала, а именно: легкость, химическая стойкость, возможность использования различных технологий изготовления корпуса. В перспективе корпус можно будет изготовить с использованием вакуумной формовки или 3D печати.

Ширина корпуса была определена исходя из величины ширины коридора медицинского учреждения – 2 м, в данном случае для примера рабочего места использовался коридор второго этажа медицинского учреждения «ОГАУЗ Больница №2№». Габариты робота равны 510 х 300 х 450 мм., общий вид в двух проекциях представлен на рисунке 2.

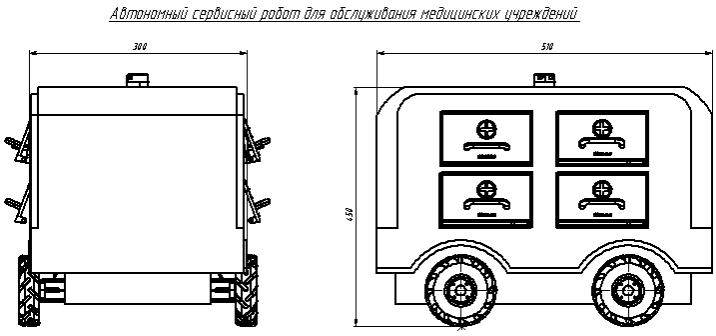

Рис. 11. Общий вид робота в двух проекциях

Корпус робота включает в себя 4 отсека для медикаментов по две стенки корпуса, следовательно, в один заход сможет обслужить до 8 пациентов.

Рис.3. Отрисовка модели робота в программе Solidworks PhotoView 360

Заключение

В рамках данной работы была разработана конструктивная компоновка для сервисного робота, предназначенного для работы в рамках медицинского учреждения, с учетом специфики окружающих его условий.

Конструкция была создана с учетом дальнейшего прототипирования и изготовления для работы в реальных условиях.

В перспективе данный робот сможет выполнять перевозку медикаментов по палатам пациентов в указанное время суток, с учетом расположения палат. Так же планируется создание удобного и понятного интерфейса для задания программы перемещения.

Робот соответствует заданным условиям и подходит для работы в больницах и лабораториях.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 56274-2014 «Общие показатели и требования в эргономике».
2. СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования»
3. Приложение N 10 к Положению об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению, утвержденному приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 15 мая 2012 г. N 543н.
4. ГОСТ 20790–93/ГОСТ Р 50444-92 «Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия».
5. Хмелевский Ю.П., Туманова А.А. Особенности формообразования и выбора цветового решения в дизайне-проектировании медицинского оборудования. –Томск: ТПУ МНПК ТПУ, 2021. – 278 стр.