

УДК: 004.896

*Сейдахмет А. Ж., канд. техн. наук, доцент
seydakhmet@mail.ru*

*Тулешов А. К., докт. техн. наук, профессор
aman_58@mail.ru*

*Джамалов Н. К.,
Абдураимов А. Е., магистр
zizo_waterpolo@mail.ru*

Камал А. Н., Калиев М. Ж.

*Институт механики и машиноведения
им. У. А. Джолдасбекова, Казахстан*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕДИЦИНСКИХ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ

В статье описаны спроектированный и изготовленный в институте механики и машиноведения экспериментальный комплекс роботов для работы в условиях больницы, состоящий из транспортного робота, функциональных роботов, представляющих собой робота-помощника и робота-дезинфектора. Робот-помощник предназначен для измерения температуры и артериального давления, автоматизации перевозки лекарств, постельного белья, еды и т.д. Робот-дезинфектор предназначен для автоматизации дезинфекции в закрытых помещениях. Описаны конструкция транспортного робота и результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: *транспортный робот, робот-помощник, робот-дезинфектор, погрузочно-разгрузочные работы, больница, логистика.*

*Сейдахмет А. Ж., тех. илим. канд., доцент
seydakhmet@mail.ru*

*Тулешов А. К., тех. илим. докт., профессор
aman_58@mail.ru*

*Джамалов Н. К.,
Абдураимов А. Е., магистр
zizo_waterpolo@mail.ru*

Камал А. Н., Калиев М. Ж.

*У. А. Джолдасбеков ат. Механика жана
машинаатаануу институту, Казакстан*

МЕДИЦИНАЛЫК СЕРВИСТИК РОБОТТОР КОМПЛЕКСИН ДОЛБООРЛОО

Макалада Механика жана машинаатаануу институтунда долбоорлонгон жана жасалган, оорукана шарттарында колдонууга арналган роботтордун эксперименттик комплекси сыпаттоого алынган. Роботтор комплекси транспорттук (унаа) роботунан, жардамчы робот жана робот-дезинфектор түрүндөгү функционалдык роботтордон турат. Робот-жардамчы температураны

жана артериялык басымды ченөөгө, дары-дармектерди, шейшен-төшөктөрдү, тамак-ашты ж. б. ташууну автоматташтырууга арналган. Робот-дезинфектор жабык жайларда дезинфекция жүргүзүүнү автоматташтыруу максатын көздөйт. Ошондой эле унаа роботунун конструкцияларына жана эксперименттик изилдөөлөрдүн жыйынтыктарына сыпаттама берилет.

Өзөктүү сөздөр: транспорттук (унаа) роботу, жардамчы робот, робот-дезинфектор, жүктөө-түшүрүү иштери, оорукана, логистика.

Seidakhmet A. Zh., Tuleshov A. K., Jamalov N. K.,
Abduraimov A. E., Kamal A. N., Kaliev M. Zh.
Institute of Mechanics and Engineering Science
U. A. Dzholdasbekov, Kazakhstan

DESIGN OF A COMPLEX OF MEDICAL SERVICE ROBOTS

The article describes a complex of experimental robots designed and manufactured at the Institute of Mechanics and Machine Science for a hospital environment, consisting of a transport robot and two functional robots: assistant robot and a disinfection robot. The assistant robot is designed to measure temperature and blood pressure, automate the transportation of medicines, bed linen, food, etc. The disinfection robot is designed to automate disinfection in enclosed spaces. The design of the transport robot and the results of experimental studies are described.

Keywords: transport robot, assistant robot, disinfection robot, loading and unloading operations, hospital, logistics.

Введение

Инфекционные болезни, в частности пандемия COVID-19, увеличение нагрузки на медицинских работников, необходимость снижения контакта медицинских работников с больными, привело к созданию новых типов роботов, предназначенных для транспортировки образцов и препаратов, для разгрузки лаборантов и медсестер.

Компания Chanprakon et al. [1] разработали робота UVC, который может перемещаться по комнате и дезинфицировать всю операционную под управлением оператора или без него. Робот оснащен тремя УФ-лампами, установленными по кругу на расстоянии 120° друг от друга.

Турецкая компания Milvus Robotics разработал робот-дезинфектор SEIT-UV, в Индии разработан компанией Anscer Robotics робот Anscer Robotics UV disinfection AMR, китайской компанией WellWit Robotics разработан робот дезинфектор, сингапурская компания выпустил робот Sunburst UV Bots UV-disinfecting.

В работе [2,3] рассматривается потребность больниц в мобильных роботах в используемых в автоматизированных транспортных системах. В работе [4] рассматривается применение логистического робота для больничных учреждений. Также в работе [5] используются автономные мобильные роботы для логистики стерильных инструментов.

1. Проектирование медицинских роботов в институте механики и машиноведения имени У. А. Джолдасбекова

Проведенный анализ использования медицинских роботов в больницах выявил необходимость в проектировании мобильных медицинских роботов, предназначенных в качестве автоматизированных управляемых транспортных средств, используемых в больничной логистике. Комплекс медицинских роботов включает функциональный робот, в качестве которого выступает робот-дезинфектор, робот-помощник или какой-нибудь другой робот и транспортный робот, предназначенный для транспортировки функционального робота. Транспортный робот имеет в конструкции два ведущих, четыре поворотных колеса и систему автономной навигации. Функциональный робот имеет свою колесную базу и транспортируется с помощью транспортного робота. Для транспортировки с помощью транспортного робота в функциональном роботе предусмотрена снизу проем, в которую заезжает транспортный робот, цепляет его и перевозит. Таким образом один транспортный робот может обслужить несколько функциональных роботов по очереди.

Транспортный робот имеет автономную навигацию и обладает способностью преодоления препятствий и планирования маршрута. На рисунке 1 показан экспериментальный образец транспортного робота с 2-мя ведущими колесами и 4-мя поворотными колесами.



Рисунок 1. Экспериментальный образец транспортного робота;
а – фотография робота с внешней обшивкой; б – фотография робота без верхней крышки

В состав транспортного робота входят: 1 лидар, 8 ультразвуковых датчиков, 1 аварийная кнопка для экстренной остановки, 1 дисплей, 2 камеры глубины, 1 микроконтроллер, 1 драйвер двигателя, блок из 8 аккумуляторов, 1 контроллер заряда, 2 понижающих преобразователя,

1 блок контактов для автоматической зарядки, 2 ведущих и 4 поворотных колес. Каркас мобильной платформы робота изготавливается из конструкционного алюминиевого профиля размером 30x30 мм. Вверху конструкции расположены поднимающиеся и опускающиеся с помощью линейных актуаторов 8 штыри для зацепления функциональных роботов при их транспортировке. Сзади мобильной платформы транспортного робота расположены контакты, предназначенные для соединения с контактами устройства зарядки батарей. Для построения двухмерной карты помещения и для обнаружения препятствий, используется лидар Rplidar A1. Мобильная платформа транспортного робота приводится в движение двумя мотор-колесами. Диаметр ведущих колес 10 см. Для построения трехмерной карты и считывания штрих кодов, меток, QR кодов используется камера глубины intel realsense D455. Обнаружение препятствий спереди, сзади и с боков осуществляется 8 ультразвуковыми датчиками. В экстренных ситуациях используется кнопка аварийной остановки. Управление движением транспортного робота и работой всех датчиков осуществляется компьютером mars 4500u. Транспортный робот имеет грузоподъемность до 100 кг. Габариты транспортного робота и транспортируемых роботов выбраны так, чтобы помещаться в дверные проемы отделения больницы. Блок автономного питания с 8 литий железо-фосфатными аккумуляторными батареями обеспечивает робот напряжением в 24 вольт. Программирование функционирования транспортного робота осуществлялась с использованием системы ROS.

Робот помощник предназначен для обслуживания пациентов. Он разносит пищу и лекарства, позволяет вести диалог с пациентами, измеряет давление специальным прибором и дистанционно измеряет температуру. При этом, для удобства пациентов, высота полок робота-помощника может меняться в зависимости от положения пациента (лежащее, сидящее, стоящее положение). При проектировании робота-помощника были проведены прочностные расчеты конструкции, включающей в себя ножничный механизм, два подноса и планшет для общения пациента с медицинским персоналом и измерения температуры под действием полезных нагрузок. В конструкции робота-помощника используется устройство для измерения кровяного давления, которое представляет собой программно-аппаратный комплекс разработанный в институте механики и машиноведения им. У. А. Джолдасбекова, состоящее из электронного блока съема, передачи биоэлектрических сигналов и программного обеспечения для персонального компьютера, выполняющего обработку данных и выдачу на их основе предварительной оценки об уровне кровяного давления. На рисунке 3 а показан экспериментальный образец робота-помощника.



а

б

Рисунок 3. Экспериментальный образец робота помощника

Разработана конструкция робота-дезинфектора, предназначенного для автоматизации дезинфекции в закрытых помещениях. Робот-дезинфектор может работать в двух режимах:

- режим распыления дезинфицирующей жидкости;
- режим облучения ультрафиолетовыми лучами.

В режиме облучения робот-дезинфектор может работать как в режим прямого облучения помещения, так и в режиме рециркуляции воздуха. При этом режим прямого облучения используется при отсутствии человека в помещении, а при присутствии человека робот-дезинфектор переходит в режим рециркуляции воздуха для избежания ожогов ультрафиолетовыми лучами. На данную конструкцию с поворотными ультрафиолетовыми лампами получен евразийский патент [6].

Конструкция робота-дезинфектора состоит из нижней части на четырех колесах, в которую встроен бак для жидкости дезинфекции, два литий железо-фосфатных аккумулятора, вентилятора и системы для разбрызгивания жидкости (рисунок 3б). Верхняя часть содержит ультрафиолетовые лампы с отражателями, которые имеют возможность поворота на 180 градусов с помощью поворотного механизма и имеет два рабочих положения. В первом рабочем положении ультрафиолетовые лампы находятся снаружи относительно корпуса, а во втором рабочем положении ультрафиолетовые лампы с отражателями повернуты на 180 градусов относительно первого положения. При этом отражатели с корпусом образуют замкнутую цилиндрическую замкнутую полость, внутри которой находятся ультрафиолетовые лампы, и система работает в режиме рециркуляции, т.е. воздух прогоняется через замкнутую полость с помощью вентиляторов, размещенных в нижней части полости.

Подробное описание конструкции робота дезинфектора приведено в статье [7].

2. Проведение экспериментов

Для проверки тяговой способности транспортного робота были проведены эксперименты с записью изменения частоты вращения, крутящих моментов на валах двух моторов при движении прямо с нагрузкой с буксировкой робота дезинфектора весом 40 кг. На рисунке 4 показаны графики изменения частоты вращения на валах двух моторов при движении по прямой с нагрузкой.

Как видно из графика, оба мотора имеют переходный режим и затем частоты вращения переходят к установившемуся значению. Разгон длится $14 \cdot 10^{-1}$ с. Так как движение проходит по прямой, отклонения значений частот вращения двух моторов друг от друга минимальное.

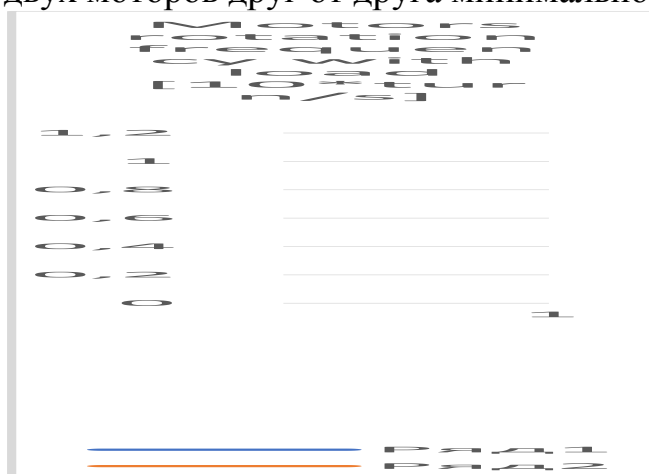


Рисунок 4. Графики изменения частоты вращения на валах двух моторов при движении по прямой и с нагрузкой

Используя полученные числовые данные, была проведена идентификация моделей передаточных функций моторов в состояниях под нагрузкой и без нагрузки – на основе данных измерения поведения привода на ступенчатый сигнал.

Идентификация передаточных функций моторов позволяет построить модель динамики движения робота и использовать ее в контуре управления, что обеспечивает ее точность. С помощью алгоритма RRT передаточные функции приводов робота были встроены в процедуру расчета потенциальных путей робота. Полученные модели были использованы для планирования движения мобильного робота методом RRT.

Проведенные эксперименты показали, что конструкция транспортного робота соответствует всем требованиям, буксировка робота дезинфектора, имеющего максимальную нагрузку, не оказывает существенного влияния на его тяговую способность. Увеличивается только время разгона до установившегося значения.

3. Выводы

Спроектирован и изготовлен экспериментальный комплекс медицинских роботов, состоящий из транспортного робота и функциональных роботов – робота помощника и робота-дезинфектора. Проведенные эксперименты показали, что конструкция транспортного робота соответствует всем требованиям, буксировка робота дезинфектора, имеющего максимальную нагрузку, не оказывает существенного влияния на его тяговую способность. Результаты показывают, что транспортный робот с буксируемым роботом может точно следовать управляющим командам. Внедрены решения автономной навигации и планирования движения. Построение RRT на основе идентифицированных передаточных характеристик робота позволяет обеспечить высокоточное управление мобильным роботом.

Литература:

1. Трескова У. Разработанный Сбербанком робот-дезинфектор начинает работу. – Новости робототехники, май 2020. <http://edurobots.ru>.
2. UVD Robotics. Reduce Hospital Acquired Infections with the UV Disinfection Robot. Available online: <http://www.uvd-robots.com> (accessed on 15 June 2021)
3. UVD Robotics. Reduce Hospital Acquired Infections with the UV Disinfection Robot. Available online: <http://www.uvd-robots.com> (accessed on 15 June 2021)
4. <https://www.akara.ai/#intro>
5. <https://milagrowhumantech.com/healthcare-robots/1105-robocop-indoor-disinfection-robot.html>
6. Тулешов Аамандык, Джамалов Нутпулла, Ибраев Саят, Сейдахмет Аскар, Камал Азиз, Абдураимов Азизбек, Канапия Магжан, Иманбаева Нурбиби, Рахматулина Аяулым, Толебаев Нуржан. Многофункциональный робот-дезинфектор. Евразийский патент на изобретение № 040808. 29 июля 2022 г. Россия, 109012, г. Москва. - М. Черкасский пер., д. 2.
7. Amandyk Tuleshov, Nutpulla Jamalov, Nurbibi Imanbayeva, Ayaulym Rakhmatulina. Design and construction of a multifunctional disinfection robot. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 1 No, 1(115) (2022) p.16-23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252045>
8. Giuseppe Fraganane, Hans-Henrik Hvolby, Fabio Sgarbossa and Jan Ola Strandhagen, “Autonomous mobile robots in hospital logistics”, IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, 2020, pp. 672-679.